

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





B3

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 100 08 020 A 1**

(5) Int. Cl. 7:  
**G 05 B 19/048**  
G 05 B 23/02

(21) Aktenzeichen: 100 08 020.0  
(22) Anmeldetag: 22. 2. 2000  
(43) Offenlegungstag: 24. 8. 2000

## (30) Unionspriorität:

256585 22. 02. 1999 US  
499446 07. 02. 2000 US

## (71) Anmelder:

Fisher-Rosemount Systems, Inc.  
(n.d.Ges.d.Staates Delaware), Austin, Tex., US

## (74) Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

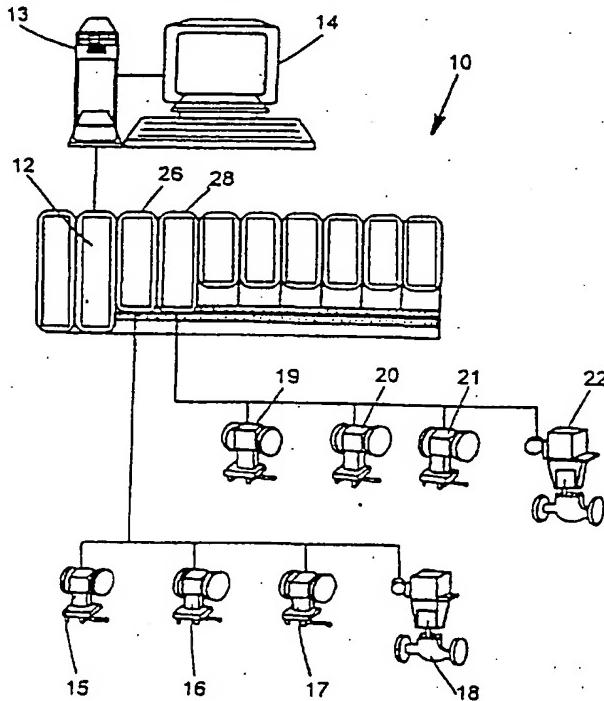
## (72) Erfinder:

Blevins, Terrence L., Round Rock, Texas, US; Nixon,  
Mark J., Round Rock, Texas, US; Wojsznis, Wilhelm  
K., Round Rock, Texas, US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Diagnosevorrichtung in einem Prozeßsteuersystem, das Mehrgrößen-Regeltechniken verwendet

(57) Diagnosevorrichtung in einem Prozeßsteuersystem, das Mehrgrößen-Regeltechniken verwendet, wobei ein Diagnose-Tool automatisch Daten, die einen Streuungsparameter, einen Modusparameter, einen Statusparameter und einen Grenzwertparameter angeben, die jeder der unterschiedlichen Einrichtungen (15-22), Kreise oder Funktionsblöcke innerhalb eines Prozeßsteuersystems (10) zugehörig sind, erfaßt und speichert, die erfaßten Daten verarbeitet, um zu bestimmen, welche Einrichtungen (15-22), Kreise oder Funktionsblöcke Probleme haben, die zu einer verringerten Leistung des Prozeßsteuersystems (10) führen, eine Liste von erfaßten Problemen einer Bedienungsperson anzeigt und anschließend die Verwendung von weiteren, spezifischeren Diagnose-Tools vorschlägt, um die Probleme weiter einzuschränken oder zu korrigieren. Wenn das Diagnose-Tool eine datenintensive Anwendung als das weitere Diagnose-Tool vorschlägt und ausführt, konfiguriert es automatisch eine Steuervorrichtung (12) des Prozeßsteuer-Netzes, um die für dieses Tool erforderlichen Daten zu erfassen.



## Beschreibung

Bei dieser Anmeldung handelt es sich um eine Teilfortführungsanmeldung der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/256,585, eingereicht am 22. Februar 1999, mit dem Titel "Diagnostics in a Process Control System".

5 Prozeßsteuersysteme, wie beispielsweise die bei chemischen Prozessen, Prozessen in der Erölverarbeitung oder anderen Prozessen verwendeten, enthalten typischerweise eine zentrale angeordnete Prozeßsteuereinrichtung, die mit mindestens einer Host- oder Bedienungsworkstation und mit einer oder mehreren Anlageneinrichtungen über analoge, digitale oder kombinierte analogdigitale Busleitungen kommunikativ verbunden sind. Die Anlageneinrichtungen, welche beispielsweise Ventile, Ventilpositioniereinrichtungen, Schalter und Meßwertgeber (z. B. Temperatur-, Druck und Durchflußmengensensoren) sein können, führen Funktionen innerhalb des Prozesses durch, wie z. B. das Öffnen oder Schließen von Ventilen und die Messung von Prozeßparametern. Die Prozeßsteuereinrichtung empfängt Signale, welche die von den Anlageneinrichtungen durchgeführten Prozeßmessungen und/oder andere Informationen, die mit den Anlageneinrichtungen in Zusammenhang stehen, anzeigen, verwendet diese Information, um eine Steueroutine zu verwirklichen und erzeugt anschließend Steuersignale, welche über die Busleitungen zu den Anlageneinrichtungen gesendet werden, um den Betriebsablauf des Prozesses zu steuern. Informationen von den Anlageneinrichtungen und der Steuereinrichtung werden typischerweise einem oder mehreren Anwendungsprogrammen verfügbar gemacht, die von der Bedienungsworkstation durchgeführt werden, um eine Bedienungsperson in die Lage zu versetzen, jede gewünschte Funktion hinsichtlich des Prozesses durchzuführen, wie z. B. das Betrachten des gegenwärtigen Prozeßzustandes, Modifizieren des Betriebsablaufs des Prozesses, etc.

20 In der Vergangenheit wurden herkömmliche Anlageneinrichtungen verwendet, um analoge Signale (z. B. 4 bis 20 Milliampere) über eine analoge Busleitung oder analoge Leitungen zu der Prozeßsteuereinrichtung zu senden und von dieser zu empfangen. Diese 4 bis 20 mA-Signale waren in ihrer Natur insofern beschränkt, als sie Messungen anzeigen, die von der Einrichtung durchgeführt wurden, oder Steuersignale, welche von der Steuereinrichtung erzeugt wurden, die zur Steuerung des Betriebsablaufs der Einrichtung erforderlich war. Etwa im Verlauf des vergangenen Jahrzehnts wurden jedoch intelligente Anlageneinrichtungen, die einen Mikroprozessor und einen Speicher enthalten, in dem Bereich der Prozeßsteuerung vorherrschend. Zusätzlich zur Durchführung einer Primärfunktion innerhalb des Prozesses speichern intelligente Anlageneinrichtungen Daten, die zu der Einrichtung gehören, kommunizieren mit der Steuereinrichtung und/oder anderen Einrichtungen in digitalem und/oder analogem Format und führen Sekundäraufgaben durch, wie z. B. Selbststeichung, Identifizierung, Diagnose, etc. Eine Reihe von Standardkommunikationsprotokollen und offenen Kommunikationsprotokollen für intelligente Einrichtungen, wie z. B. das HART®, PROFIBUS®, WORLDIP®, Device-Net®, Profibus-, AS-Interface- und CAN-Protokoll, wurden entwickelt, um intelligente Anlageneinrichtungen, die von unterschiedlichen Herstellern hergestellt wurden, in die Lage zu versetzen, miteinander innerhalb derselben Prozeßsteuernetze verwendet zu werden.

25 Darüber hinaus besteht innerhalb der Prozeßsteuerungsindustrie die Tendenz, Prozeßsteuerungsfunktionen zu dezentralisieren. Beispielsweise verwendet das voll digitale Zweidraht-Bus-Protokoll, das von der Fieldbus-Foundation verbreitet wird und als das FOUNDATION™ Fieldbus-Protokoll (nachfolgend "Fieldbus" genannt) bezeichnet wird, Funktionsblöcke, die in unterschiedlichen Anlageneinrichtungen angeordnet sind, um Steuervorgänge durchzuführen, die früher innerhalb einer zentralen Steuereinrichtung durchgeführt wurden. Insbesondere ist jede Fieldbus-Anlageneinrichtung in der Lage, einen oder mehrere Funktionsblöcke zu enthalten und auszuführen, von welchen jeder Eingaben von anderen Funktionsblöcken empfängt und/oder Ausgabesignale an andere Funktionsblöcke ausgibt (entweder innerhalb derselben Einrichtung oder innerhalb von verschiedenen Einrichtungen), und einen bestimmten Prozeßsteuerbetriebsablauf durchführt, wie z. B. das Messen oder Erfassen eines Prozeßparameters, die Steuerung einer Einrichtung oder die Durchführung eines Steuerbetriebsablaufs, wie z. B. das Umsetzen einer proportional-derivativ-integralen (PID) Steueroutine. Die unterschiedlichen Funktionsblöcke innerhalb eines Prozeßsteuersystems sind so konfiguriert, daß sie miteinander (beispielsweise über einen Bus) kommunizieren, um einen oder mehrere Prozeßregelkreise zu bilden, deren individuelle Betriebsabläufe über den gesamten Prozeß verbreitet und somit dezentralisiert sind.

30 Mit der Einführung von intelligenten Anlageneinrichtungen ist es wichtiger als je zuvor, in der Lage zu sein, Probleme, die innerhalb eines Prozeßsteuersystems auftreten, rasch zu diagnostizieren und zu korrigieren, da dann, wenn mangelhaft arbeitende Kreise und Einrichtungen nicht erfaßt und korrigiert werden, eine suboptimale Leistung des Prozesses die Folge ist, was sowohl hinsichtlich der Qualität als auch der Quantität des hergestellten Produkts kostenintensiv sein kann. Viele intelligente Einrichtungen enthalten gegenwärtig Selbstdiagnose- und/oder Eichungsroutinen, die verwendet werden können, um Probleme innerhalb der Einrichtung zu erfassen und zu korrigieren. Beispielsweise haben die FieldVue- und ValveLink-Einrichtungen, die von Fisher Controls International Inc. hergestellt werden, Diagnosefähigkeiten, die verwendet werden können, um bestimmte Probleme innerhalb dieser Einrichtungen zu erfassen, und sie haben ferner Eichungsabläufe, die zur Korrektur von Problemen, sobald sie erfaßt sind, verwendet werden können. Eine Bedienungsperson muß jedoch vermuten, daß bei der Einrichtung ein Problem vorliegt, bevor die Wahrscheinlichkeit besteht, daß er oder sie ein derartiges Diagnose- oder Eichungsmerkmal der Einrichtungen verwendet. Es existieren ferner weitere Prozeßsteuer-Tools, wie z. B. automatische Abstimmseinrichtungen, die verwendet werden können, um schlecht abgestimmte Kreise innerhalb eines Prozeßsteuernetzes zu korrigieren. Auch hier ist es jedoch erforderlich, einen mangelhaft arbeitenden Kreis zu identifizieren, bevor derartige automatische Abstimmseinrichtungen effektiv verwendet werden können. Entsprechend sind andere, kompliziertere Diagnose-Tools vorhanden, wie z. B. Expertensysteme, Korrelationsanalyse-Tools, Spektrumanalyse-Tools, neuronale Netze, etc., welche für eine Einrichtung oder einen Kreis gesammelte Prozeßdaten verwenden, um darin vorhandene Probleme zu erfassen. Unglücklicherweise sind derartige Tools sehr datenintensiv und es ist praktisch unmöglich, alle Hochgeschwindigkeitsdaten zu sammeln und zu speichern, die erforderlich sind, um derartige Tools an jeder Prozeßsteuereinrichtung oder jedem Kreis eines Prozeßsteuersystems in systematischer Weise einzusetzen. Auch hier ist es somit erforderlich, einen Regelkreis oder eine Einrichtung mit einem Problem zu identifizieren, bevor man in der Lage ist, derartige Tools effektiv zu verwenden.

35 Jede Einrichtung oder jeder Funktionsblock innerhalb eines intelligenten Prozeßsteuernetzes erfaßt typischerweise

größere Fehler, die darin auftreten, und sendet ein Signal, wie z. B. ein Alarmsignal oder ein Ereignissignal, um eine Steuereinrichtung oder eine Hosteinrichtung zu benachrichtigen, daß ein Fehler oder ein anderes Problem aufgetreten ist. Das Auftreten dieser Alarmsignale oder Ereignissignale zeigt jedoch nicht notwendigerweise ein Langzeitproblem mit der Einrichtung oder dem Kreis an, das korrigiert werden muß, da diese Alarmsignale oder Ereignissignale ansprechend auf andere Faktoren erzeugt werden können (oder verursacht werden können), die nicht ein Resultat einer mangelhaft arbeitenden Einrichtung oder eines Kreises waren. Somit bedeutet die Tatsache, daß eine Einrichtung oder ein Funktionsblock innerhalb einer Schleife ein Alarmsignal oder ein Ereignissignal erzeugt, nicht unbedingt, daß die Einrichtung oder der Kreis ein Problem aufweist, das korrigiert werden muß. Andererseits können viele Einrichtungen Probleme haben, ohne daß das Problem einen Grad der Schwere erreicht, daß es als ein Alarm oder als ein Ereignis erfaßt wird.

Um Probleme innerhalb des Prozeßsteuersystems anfänglich zu erfassen, muß eine Prozeßsteuerungsbedienungsperson oder ein Techniker im allgemeinen eine Durchsicht von Daten, die innerhalb eines Prozeßsteuersystems erzeugt wurden (wie z. B. Alarmsignale und Ereignissignale sowie weitere Einrichtungs- und Kreisdaten) von Hand vornehmen, um festzustellen, welche Einrichtungen oder Kreise nicht optimal arbeiten oder nicht ordnungsgemäß abgestimmt sind. Diese händische Durchsicht erfordert, daß die Bedienungsperson über große Erfahrung bei der Erfassung von Problemen auf der Basis von Rohdaten verfügt, und auch mit einer solchen Erfahrung kann die Aufgabe bestenfalls zeitaufwendig und schlimmstenfalls undurchführbar sein. Dies gilt besonders für Mehrgrößen-Funktionsblöcke, wie z. B. neuronale Netze oder andere Mehrfacheingabes-Regelblöcke, die eine sehr komplexe Natur haben und bei welchen Probleme noch schwerer zu entdecken sind. Als Beispiel kann die Geräteabteilung einer nur mittelgroßen Betriebsanlage zwischen 3000 und 6000 Anlageneinrichtungen, wie etwa Ventile und Meßwertgeber, enthalten. In dieser Umgebung hat der Instrumententechniker oder Regelungingenieur, der für einen Prozeßbereich verantwortlich ist, schlicht nicht die Zeit, den Betriebsablauf aller Anlageneinrichtungsinstrumente und Regelkreise zu überprüfen, um zu erfassen, welcher Kreis oder welche Einrichtung möglicherweise nicht ordnungsgemäß arbeitet oder ein Problem aufweisen kann. Tatsächlich werden bedingt durch das begrenzte Personal gewöhnlich nur die Einrichtungen zur Wartung vorgesehen, die bis zu einem Punkt abgenutzt sind, daß sie dramatische Auswirkungen auf die Quantität oder die Qualität des hergestellten Produkts haben. Als Resultat werden andere Einrichtungen oder Kreise, die neu abgestimmt werden müssen oder die andere Probleme aufweisen, die unter Verwendung der vorhandenen Tools korrigiert werden könnten, nicht korrigiert, was zu einer insgesamt verschlechterten Leistungsfähigkeit des Prozeßsteuersystems führt.

Die Patentanmeldung mit dem Titel "Diagnostics in a Process Control System", die am 22. Februar 1999 als die Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/256,585 eingereicht wurde, zeigt ein Diagnose-Tool auf, das automatisch Messungen von bestimmten Parametern von Blöcken innerhalb eines Prozeßsteuersystems erfaßt und welches anschließend Probleme von mangelhaft arbeitenden Regelkreisen oder Blöcken innerhalb dieses Systems auf der Basis der erfaßten Daten feststellt, um so die Aufgabe einer Bedienungsperson beim Erfassen von fehlerhaften oder mangelhaft arbeitenden Einrichtungen und Regelkreisen zu erleichtern. In jüngerer Vergangenheit werden jedoch Mehrgrößen-Regelblöcke oder -techniken verwendet, um die Steuerung in einem Prozeßsteuersystem zu ermöglichen. Allgemein ausgedrückt erzeugen Mehrgrößen-Regelblöcke, die beispielsweise Mustervorhersagesteuerung, ein neuronales Netz, adaptive Abstimmung, Mehrgrößen-Fuzzy-Logik, RTO-Optimierung oder Mischtechniken implementieren können, gleichzeitig eine oder mehrere Prozeßsteuerausgaben unter Verwendung von zwei oder mehreren Prozeßeingaben, die dem Steuerblock zugeführt werden. Ähnlich wie bei Einkreis-Regelstrategien ist es wünschenswert, ein Diagnose-Tool zu schaffen, das mangelhaft arbeitende oder problembehaftete Regelkreise erfassen und möglicherweise korrigieren kann, in welchen derartige Mehrgrößen-Regelblöcke verwendet werden.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Diagnosevorrichtung zur Verwendung in einem Prozeßsteuersystem zu schaffen, in dem Mehrgrößen-Regelblöcke verwendet werden, bei der die nach dem Stand der Technik auftretenden Probleme vermieden werden.

Die Lösung der Aufgabe ergibt sich aus Patentanspruch 1 und 15. Unteransprüche beziehen sich auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung, wobei auch andere Kombinationen von Merkmalen als in den Unteransprüchen beansprucht möglich sind.

Ein Diagnose-Tool zur Verwendung in einem Prozeßsteuersystem, das Mehrgrößen-Steuertechniken oder -blöcke verwendet, sammelt und speichert automatisch Daten, die zu einem oder mehreren der verschiedenen Mehrgrößen-Funktionsblöcke (Einrichtungen oder Kreisen) innerhalb des Systems gehören, verarbeitet diese Daten, um zu bestimmen, welche dieser Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise Probleme haben, die zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit des Prozeßsteuersystems führen können, und kann anschließend die Verwendung von weiteren, spezifischeren Diagnose-Tools vorschlagen, um das Problem weiter zu analysieren und zu korrigieren. Das Diagnose-Tool kann Probleme erfassen oder mangelhaft arbeitende Einrichtungen oder Kreise identifizieren, und zwar unter Verwendung von Streuungssangaben, Modusangaben, Statusangaben oder Grenzwertangaben, die zu jeder der Eingabe- bzw. Ausgabevariablen oder -größen gehören, die von den Mehrgrößen-Funktionsblöcken oder Einrichtungen innerhalb eines Prozeßsteuersystems verwendet oder geschaffnen werden. Die Streuungssangabe wird vorzugsweise von jedem Funktionsblock innerhalb des Prozeßsteuersystems bestimmt oder teilweise bestimmt, um eine statistische Messung der Abweichung eines Parameters, der zu der Einrichtung oder dem Funktionsblock gehört, von einem Sollwert oder einem anderen Wert, der der Einrichtung oder dem Funktionsblock zugeordnet ist, zu schaffen. Die Modusangabe identifiziert den Modus, in welchem ein Funktionsblock oder eine Einrichtung arbeitet, das heißt einen normalen Modus oder einen nicht normalen Modus, um anzuseigen, ob die Einrichtung oder der Funktionsblock in seinem vorgesehenen Modus arbeitet. Die Statusangabe identifiziert die Qualität eines Signals, das zu dem Funktionsblock oder der Einrichtung gehört, zu einem gegebenen Zeitpunkt. Die Grenzwertangabe kann feststellen, ob ein Funktionsblocksignal seiner Art nach begrenzt ist.

Das Diagnose-Tool kann bestimmen, bei welchen Funktionsblöcken, Einrichtungen oder Kreisen Probleme auftreten, und zwar basierend auf momentanen Werten oder auf einer Kompilierung von historischen Werten der Streuungssangabe, der Modusangabe, der Statusangabe, der Grenzwertangabe oder mehrerer dieser Angaben oder anderen Daten, die zu jedem Funktionsblock oder jeder Einrichtung gehören. Anschließend kann das Diagnose-Tool erfaßte Probleme einer Bedienungsperson über einen Anzeigebildschirm berichten und/oder schriftliche Berichte (wie z. B. gedruckte Berichte)

# DE 100 08 020 A 1

oder elektronische Berichte erzeugen, die beispielsweise über das Internet (z. B. durch Email) den betreffenden Personen zugesandt werden.

Beim Erfassen von Problemen innerhalb einer oder mehrerer Prozeßsteuereinrichtungen oder Kreise kann das Diagnose-Tool das oder die ordnungsgemäßen Tools vorschlagen, die zu verwenden sind, um das Problem weiter einzugrenzen und/oder das erfaßte Problem zu korrigieren. Wenn es eine Aufrichterung dazu erhält, führt das Diagnose-Tool diese weiteren Tools auf einer Hostworkstation aus, um eine Bedienungsperson in die Lage zu versetzen, weitere Diagnosefunktionen auszuführen. In Fällen, in welchen das Diagnose-Tool die Verwendung von weiteren datenintensiven Tools erfordert, um ein bestimmtes Problem zu diagnostizieren oder einzugrenzen (wie z. B. ein Expertensystem oder ein Korrelationsanalysewerkzeug), kann das Diagnose-Tool automatisch das Hostsystem so konfigurieren, daß die Daten, welche zum Ablauf dieses weiteren Tools erforderlich sind, erfaßt werden.

Auf diese Weise identifiziert das Diagnose-Tool die Funktionsblöcke, Einrichtungen, Kreise etc., die Aufmerksamkeit benötigen, ohne daß es erforderlich ist, daß eine Bedienungsperson große Datenmengen, die zu zahlreichen Einrichtungen und Kreisen innerhalb eines Prozeßsteuersystems gehören, überprüft. Dies führt bei der Bedienungsperson zur Zeiteinsparung und macht es nicht erforderlich, daß die Bedienungsperson sehr viel Erfahrung bei der Feststellung von problembehafteten Einrichtungen und Kreisen hat, insbesondere im Hinblick auf Mehrgrößen-Funktionsblöcke oder Steuerstrategien, die sehr komplex sind. Ferner kann beim Erfassen eines Problems das Diagnose-Tool die Verwendung von weiteren Tools empfehlen, um das Problem einzugrenzen und/oder zu korrigieren, was die Bedienungsperson in die Lage versetzt, Probleme zu korrigieren, ohne Maßnahmen anstellen zu müssen, welches Tool in einer gegebenen Situation das geeignete ist. Neben der Zeitsparnis reduziert diese Funktion die Belastung der Bedienungsperson und hilft dabei, sicherzustellen, daß die geeigneten Diagnose-Tools unter allen Umständen verwendet werden.

Nachfolgend wird eine Ausführungsform der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm eines Prozeßsteuersystems, in dem ein Diagnose-Tool für Mehrgrößen-Funktionsblöcke verwendet werden kann;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm eines Prozeßsteuersystems nach Fig. 1, das die Konfiguration von zwei Prozeßregelkreisen darstellt, die in Verbindung mit einem Diagnose-Tool ablaufen;

Fig. 3 ist ein Blockdiagramm eines Funktionsblocks, der einen Streuungsangabegenerator aufweist;

Fig. 4 ist ein Blockdiagramm einer Routine, die durch ein Diagnose-Tool ausgeführt wird, um die Diagnose in dem Prozeßsteuersystem von Fig. 1 und 2 durchzuführen;

Fig. 5 ist ein erstes Beispiel einer Bildschirmanzeige, die von dem in dem Prozeßsteuersystem von Fig. 1 und 2 verwendeten Diagnose-Tool erzeugt wird;

Fig. 6 ist ein zweites Beispiel einer Bildschirmanzeige, die von dem in dem Prozeßsteuersystem von Fig. 1 und 2 verwendeten Diagnose-Tool erzeugt wird;

Fig. 7 ist ein drittes Beispiel einer Bildschirmanzeige, die von dem in dem Prozeßsteuersystem von Fig. 1 und 2 verwendeten Diagnose-Tool erzeugt wird; und

Fig. 8 ist ein Blockdiagramm einer Steuer- und Bedienungsworkstation von Fig. 1 und 2, das die Trenderfassungskommunikation zeigt, die zu einem Diagnose-Tool gehört.

Fig. 9 ist ein Blockdiagramm eines Prozeßregelkreises, der einen Mehrgrößen-Regelblock verwendet;

Fig. 10 zeigt eine Reihe von Diagrammen, die Beispiele von Mehrgrößen-Funktionsblöcken darstellen; und

Fig. 11 ist ein Blockdiagramm eines Mehrgrößen-Funktionsblocks, der einen Streuungs-Angabegenerator, einen Modusangabegenerator und einen Statusangabegenerator enthält.

Wie Fig. 1 zeigt, enthält ein Prozeßsteuersystem eine Prozeßsteuereinrichtung 12, die mit einer Hostworkstation oder einem Computer 13 verbunden ist (bei dem es sich um jede Art von Personal Computer oder Workstation handeln kann), der einen Anzeigebildschirm 14 hat und mit Anlageneinrichtungen 15-22 über Eingabe/Ausgabe-(I/O)-Karten 26 und 28 verbunden ist. Die Steuereinrichtung 12, die beispielsweise die DeltaV™-Steuereinrichtung sein kann, die von Fisher-Rosemount Systems Inc. vertrieben wird, steht beispielsweise über eine Ethernet-Verbindung in Kommunikationsverbindung mit dem Hostcomputer 13 und steht mit den Anlageneinrichtungen 15-22 unter Verwendung jeder gewünschten Hardware und Software, die beispielsweise Standard 4-20 mA-Einrichtungen und/oder einem beliebigen intelligenten Kommunikationsprotokoll, wie dem Fieldbus-Protokoll, zugehörig ist, in Kommunikationsverbindung. Die Steuereinrichtung 12 implementiert oder überwacht eine Prozeßsteuerroutine, die darin gespeichert ist oder anderweitig dieser zugehörig ist, und steht mit den Einrichtungen 15-22 und dem Hostcomputer 13 in Kommunikation, um einen Prozeß in jeder gewünschten Weise zu steuern.

Die Anlageneinrichtungen 15-22 können jede Art von Einrichtungen sein, wie z. B. Sensoren, Ventile, Meßwertgeber, Positioniereinrichtungen, etc., während die I/O-Karten 26 und 28 jede Art von I/O-Einrichtungen sein können, die mit einem gewünschten Kommunikations- oder Steuereinrichtungsprotokoll übereinstimmen. In der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform sind die Anlageneinrichtungen 15-18 Standard 4-20 mA-Einrichtungen, die über analoge Leitungen mit der I/O-Karte 26 kommunizieren, während die Anlageneinrichtungen 19-22 intelligente Einrichtungen sind, wie z. B. Fieldbus-Anlageneinrichtungen, die über einen digitalen Bus mit der I/O-Karte 28 unter Verwendung der Fieldbus-Protokollkommunikation in Verbindung stehen. Allgemein ausgedrückt ist das Fieldbus-Protokoll ein voll digitales serielles Zweidraht-Kommunikationsprotokoll, das eine standardisierte physische Schnittstelle zu einem Zweidraht-Kreis oder einem Bus bietet, welche bzw. welcher die Anlageneinrichtungen miteinander verbindet. Das Fieldbus-Protokoll schafft tatsächlich ein lokales Netz für Anlageneinrichtungen innerhalb eines Prozesses, welches diese Anlageneinrichtungen in die Lage versetzt, Prozeßsteuerfunktionen (unter Verwendung von Fieldbus-Funktionsblöcken) an Orten auszuführen, die über eine gesamte Prozeßanlage verteilt sind, und vor und nach der Durchführung dieser Prozeßsteuerfunktionen miteinander zu kommunizieren, um eine Gesamtsteuerstrategie umzusetzen. Es versteht sich, daß das Fieldbus-Protokoll zwar ein relativ neues voll digitales Kommunikationsprotokoll ist, das zur Verwendung in Prozeßsteuernetzen entwickelt wurde, dieses Protokoll jedoch nach dem Stand der Technik bekannt ist und im Detail in zahlreichen Artikeln, Broschüren und technischen Beschreibungen beschrieben ist, die unter anderem von der Fieldbus-Foundation, einer gemeinnützigen Organisation mit Hauptsitz in Austin, Texas, veröffentlicht, vertrieben und zur Verfügung gestellt wurden.

# DE 100 08 020 A 1

Folglich werden die Details des Fieldbus-Kommunikationsprotokolls hier nicht im Detail beschrieben. Selbstverständlich könnten die Anlageneinrichtungen 15-22 mit jedem anderen gewünschten Standard oder Protokoll außer dem Fieldbus-Protokoll übereinstimmen, einschließlich Standards oder Protokolle, die zukünftig entwickelt werden.

Die Steuereinrichtung 12 ist so konfiguriert, daß sie eine Steuerstrategie unter Verwendung von allgemein so bezeichneten Funktionsblöcken umsetzt, wobei jeder Funktionsblock ein Teil (z. B. eine Subroutine) einer Gesamtsteuerroutine ist und in Verbindung mit anderen Funktionsblöcken (über Kommunikationsverbindungen, die als Verknüpfung bezeichnet werden) arbeitet, um Prozeßregelkreise innerhalb des Prozeßsteuersystems 10 zu implementieren. Funktionsblöcke führen typischerweise entweder eine Eingabefunktion, wie z. B. eine, die einem Meßwertgeber, einem Sensor oder einer anderen Prozeßparametermeßeinrichtung zugehörig ist, eine Steuerfunktion; wie etwa eine, die einer Steuerroutine, welche PID-, Fuzzy-Logik-, Mustervorhersagesteuerung, neuronale Netz- und andere Steuerungen ausführt, zugehörig ist, oder eine Ausgabefunktion, welche den Betriebsablauf einer Einrichtung, wie z. B. eines Ventils, steuert, aus, um eine physische Funktion innerhalb des Prozeßsteuersystems 10 durchzuführen. Selbstverständlich existieren hybride Funktionsblöcke und andere Arten von Funktionsblöcken. Funktionsblöcke können in der Steuereinrichtung 12 gespeichert und ausgeführt werden, was typischerweise der Fall ist, wenn diese Funktionsblöcke für Standard 4-20 mA-Einrichtung und einige Arten von intelligenten Anlageneinrichtungen verwendet werden oder diesen zugeordnet sind, oder können in den Anlageneinrichtungen selbst gespeichert und umgesetzt werden, was bei Fieldbus-Einrichtungen der Fall ist. Während die Beschreibung des Steuersystems hier unter Verwendung der Funktionsblocksteuerstrategie erfolgt, könnte die Steuerstrategie auch unter Verwendung von anderen Konventionen, wie z. B. sequentiellen Funktionsdiagrammen, Reihenlogik oder jeder anderen Programmierstrategie umgesetzt oder gestaltet werden, die in jeder gewünschten Programmiersprache oder mit jedem Paradigma implementiert ist.

Die linke Seite der in Fig. 2 dargestellten Steuereinrichtung 12 enthält eine schematische Darstellung von miteinander verbundenen Funktionsblöcken 30, 32 und 34, die ein Beispiel eines Einzeleingabe-/Einzelausgabe-Prozeßregelkreises 36 bilden, der zur Nutzung der Standard-4-20-mA-Einrichtungen 17 und 18 konfiguriert ist. Da die Funktionsblöcke 30, 32 und 34 mit dem Betrieb von 4-20 mA-Einrichtungen in Beziehung stehen, sind diese Funktionsblöcke in der Steuereinrichtung 12 gespeichert und werden von dieser ausgeführt. In einer bevorzugten Ausführungsform, in welcher eine DeltaV-Steuereinrichtung verwendet wird, sind die Funktionsblöcke 30, 32 und 34 so konfiguriert, daß sie Fieldbus-Funktionsblöcken ähnlich sind, das heißt, daß sie dasselbe oder ein ähnliches Protokoll verwenden. Diese Konvention ist jedoch nicht nötig, da andere Funktionsblockkonfigurationen anstelle dessen verwendet werden könnten. Wie Fig. 2 zeigt, ist der Funktionsblock 30 ein analoger Eingabefunktionsblock (AI), der eine Messung, die beispielsweise von der Geber- bzw. Sensoreinrichtung 17 durchgeführt wurde, an den Funktionsblock 32 abgibt. Der Funktionsblock 32 ist ein PID-Funktionsblock, der Berechnungen unter Verwendung jeder gewünschten PID-Strategie durchführt und ein Steuersignal über eine Verknüpfung an den Funktionsblock 34 abgibt, der vorzugsweise ein analoger Ausgabefunktionsblock (AO) ist. Der AO-Funktionsblock 34 kommuniziert beispielsweise mit der Ventileinrichtung 18, um zu veranlassen, daß sich das Ventil 18 gemäß dem Steuersignal von dem PID-Funktionsblock 32 öffnet oder schließt. Der AO-Funktionsblock 34 gibt ferner ein Rückkopplungssignal, das die Position des Ventils 18 anzeigen kann, an den PID-Funktionsblock 32 ab, welcher dieses Rückkopplungssignal verwendet, um das Steuersignal zu erzeugen. Die Steuereinrichtung 12 enthält eine Einrichtungsschnittstelle 38 (die in der Steuereinrichtung 12 oder in der IO-Einrichtung 26 von Fig. 1 implementiert sein kann), um mit den Einrichtungen 15-18 zu kommunizieren, um von diesen durchgeführte Messungen zu erhalten und Steuersignale an diese abzugeben, und zwar gemäß dem Regelkreis 36 oder anderen Regelkreisen. Die Einrichtungsschnittstelle 38 empfängt systematisch Signale von den Einrichtungen 15-18 und gibt diese Signale an die geeigneten Funktionsblöcke innerhalb der Steuereinrichtung 12 ab, die zu der Gebereinrichtung gehören. Entsprechend gibt die Einrichtungsschnittstelle 38 systematisch Steuersignale von den Funktionsblöcken innerhalb der Steuereinrichtung 12 an die geeigneten Anlageneinrichtungen 15-18 ab.

Die rechte Seite der Steuereinrichtung in Fig. 2 zeigt ein Beispiel eines Einzeleingabe-/Einzelausgabe-Regelkreises 40, der unter Verwendung von Fieldbus-Funktionsblöcken 42, 44 und 46 umgesetzt wurde, die in den Fieldbus-Anlageneinrichtungen 19 und 22 dezentral angeordnet sind. In diesem Fall sind die tatsächlichen Funktionsblöcke 42, 44 und 46 in den Anlageneinrichtungen 19 und 22 gespeichert und werden von diesen durchgeführt und teilen ihre zugehörigen Attribute Schattenfunktionsblöcken 42S, 44S und 46S (durch strichlierte Felder dargestellt) innerhalb der Steuereinrichtung 12 mit. Die Schattenfunktionsblöcke 42S, 44S und 46S sind gemäß der Funktionsblockkonfiguration eingerichtet, die von der Steuereinrichtung 12 verwendet wird, spiegeln jedoch den Status der tatsächlichen Funktionsblöcke 42, 44 und 46 jeweils wider, so daß es der Steuereinrichtung 12 erscheint, daß die tatsächlichen Funktionen, die den Funktionsblöcken 42, 44 und 46 zugehörig sind, von der Steuereinrichtung 12 ausgeführt werden. Die Verwendung von Schattenfunktionsblöcken innerhalb der Steuereinrichtung 12 setzt die Steuereinrichtung 12 in die Lage, eine Steuerstrategie unter Verwendung von Funktionsblöcken umzusetzen, die innerhalb der Steuereinrichtung 12 und auch innerhalb der Anlageneinrichtungen gespeichert sind und ausgeführt werden. Selbstverständlich kann die Steuereinrichtung 12 Regelkreise umsetzen, die sowohl Standardfunktionsblöcke (wie die Funktionsblöcke 30, 32 und 34) als auch Schattenfunktionsblöcke enthalten.

Beispielsweise könnte der PID-Schattenfunktionsblock 44S, welcher dem tatsächlichen Funktionsblock 44 in der Ventilpositioniereinrichtung 22 zugehörig ist, mit dem AI-Funktionsblock 30 und dem AO-Funktionsblock 34 verknüpft werden, um einen Prozeßregelkreis zu bilden. Die Erstellung und Implementierung von Schattenfunktionsblöcken ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung und ist im Detail in der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/151,084 mit dem Titel "A Shadow Function Block Interface for Use in a Process Control Network", eingereicht am 10. September 1998, beschrieben, welche auf den Rechtsinhaber der vorliegenden Erfindung übertragen ist und deren Offenbarung hiermit ausdrücklich durch Bezugnahme hierin eingeschlossen wird.

Die Steuereinrichtung 12 und/oder die Anlageneinrichtungen, die mit der Steuereinrichtung 12 verbunden sind, können zusätzlich oder alternativ eine oder mehrere Mehrfacheingabe-/Mehrfachausgabe-Regelkreise unter Verwendung von Mehrgrößen-Regelblöcken oder -programmen implementieren, wie z. B. Blöcke mit implementierten Regel- oder anderen Operationen basierend auf Mustervorhersage-Steuerlogik (MPC), neuronaler Netzsteuerlogik, adaptiver Ab-

stimmlogik, Fuzzy-Logik-Steuerlogik, Optimierungslogik, Mischlogik, etc. Fig. 9 zeigt einen Mehrgrößen-Regelkreis 140, der einen MPC-Regelblock 142 verwendet, um eine Drei-zu-Drei-MPC-Regeltechnik umzusetzen. Wie Fig. 9 zeigt, geben drei AI-Blöcke 144, 146 und 148 Prozeßeingaben an den MPC-Block 142 ab, der diese Eingaben sowie beschränkte Eingaben 150 und 152 sowie einen Sollwert 153, der beispielsweise von einer Bedienungsperson eingegeben wird, verwendet, um eine MPC-Regelung in jeder gewünschten oder bekannten Weise durchzuführen. Der MPC-Block 142 erzeugt drei Ausgabesignale, die den AO-Blöcken 154, 156 und 158 zugeführt werden, die wiederum Parameter innerhalb des Prozesses, wie z. B. das Öffnen und Schließen von Ventilen etc. steuern.

Selbstverständlich können eines oder mehrere der Eingabesignale des MPC-Blocks 142 Rückkopplungs- oder Rückeichungssignale sein, die von einem der AO-Blöcke 154, 156 und 158 abgegeben werden.

Der Betrieb des MPC ist bekannt und wird somit hierin nicht im Detail beschrieben. Es ist jedoch allgemein bekannt, daß jeder MPC-Block sowie andere Arten von Mehrgrößen-Blöcken typischerweise drei Arten von Eingaben haben, darunter geregelte Parametereingaben, welche die Prozeßvariablen sind, oder Parameter, die auf einem Sollwert (oder innerhalb eines eingestellten Bereichs) zu halten sind, beschränkte Eingaben, welche die Prozeßvariablen sind, die auf einen bestimmten Grenzwert oder Bereich begrenzt sind, der beispielsweise auf physischen Beschränkungen basiert, die zu dem Prozeß gehören und welche der Regelblock nicht zwangsweise außerhalb des Begrenzungsbereichs oder Grenzwertes stellen darf, und Prozeßstörungsparametereingaben, welche andere Prozeßvariable sind, wie z. B. Prozeßeingaben, welche bei Veränderung bekanntermaßen Veränderungen der geregelten Parameter verursachen. Ein MPC-Block verwendet die Prozeßstörungsparametereingaben, um Veränderungen an den geregelten Parametern (das heißt den geregelten Prozeßausgaben) vorherzusehen und die Effekte dieser Veränderungen zu beschränken, bevor sie auftreten. Andere Eingaben können ebenfalls dem MPC-Block 142 zugeführt werden, wie z. B. die Rückkopplung von einer Einrichtung oder einem anderen Prozeßelement, das geregelt wird, was den MPC-Regelblock 142 in die Lage versetzt, eine effektive Regelung dieser Elemente zu schaffen. In ähnlicher Weise können die Ausgaben des MPC-Blocks 142 so geschlossen sein, daß sie jede gewünschte Prozeßvariable oder andere Prozeßeingaben regeln, einschließlich Regelkreiseingaben, Einrichtungssteuereingaben, etc.

Selbstverständlich könnte der MPC-Block 142 durch jeden anderen Mehrgrößen-Block ersetzt werden. Entsprechend kann der Mehrgrößen-Kreis 140 vollständig innerhalb einer Steuereinrichtung 12, vollständig innerhalb einer oder mehrerer intelligenter Anlageneinrichtungen oder teilweise innerhalb der Steuereinrichtung 12 und einer oder mehrerer intelligenter Anlageneinrichtungen in einer Weise, die der vorstehend unter Bezug auf Einzeleingabe-/Einzelausgabe-Regelkreise beschriebenen ähnlich ist, implementiert werden. Während darüber hinaus der MPC-Regelblock 142 als ein Drei-zu-Drei-Block dargestellt ist, könnte dieser oder jeder andere verwendete Mehrgrößen-Block jede gewünschte Anzahl von zwei oder mehr Eingaben und/oder jede gewünschte Anzahl von Ausgaben haben. Es versteht sich, daß die Anzahl von Eingaben und Ausgaben an einem Mehrgrößen-Block gleich oder unterschiedlich sein können.

Für die Zwecke dieser Erfindung kann ein Regel- bzw. Steuerblock jeder Teil oder Abschnitt eines Prozeßsteuersystems sein, einschließlich beispielsweise einer Routine, eines Blockes oder eines Moduls, das auf einem computerlesbaren Medium gespeichert ist. Darüber hinaus können Steuerblöcke oder Routinen, welche Module oder jeder Teil eines Steuervorganges, wie z. B. eine Subroutine, Teile einer Subroutine (wie z. B. Zeilen eines Codes) etc. sein können, in jedem gewünschten Softwareformat implementiert sein, wie z. B. unter Verwendung von Reihenlogik, sequentiellen Funktionsdiagrammen, Funktionsblockdiagrammen oder jeder anderen Softwareprogrammiersprache oder Gestaltungssparadigmen. Entsprechend können die Steuerroutinen in beispielsweise einem oder mehreren EPROMs, EEPROMs, anwendungsspezifischen integrierten Schaltungen (ASICs) oder jedem anderen Hardware- oder Firmware-Element hardwarecodiert sein. Ferner können die Steuerroutinen unter Verwendung jedes Gestaltungs-Tools gestaltet werden, darunter grafische Gestaltungs-Tools oder jede andere Art von Software-/Hardware-/Firmware-Programmier- oder Gestaltungs-Tools. Somit kann die Steuereinrichtung 12 so konfiguriert werden, daß sie eine Steuerstrategie oder eine Steuerroutine unter Verwendung von Einzeleingabe/Einzelausgabe- oder Mehrfacheingabe/Mehrfauschaugabe-Steuerblöcken in jeder gewünschten Weise implementiert.

Der MPC-Block 142 aus Fig. 9 wurde als ein Beispiel eines Mehrgrößen-Blocks vorgesehen, der in einem Prozeßsteuersystem verwendet werden könnte. Selbstverständlich können ebenso andere Arten von Mehrgrößen-Blöcken verwendet werden. Beispielsweise zeigt Fig. 10 andere Mehrgrößen-Blöcke, welche mehrfache Eingaben annehmen, um eine oder mehrere Ausgaben zu erzeugen. Insbesondere könnten, wie Fig. 10 zeigt, Mehrgrößen-Blöcke ein neuronales Netz einschließen, bei welchem mehrfache Eingaben verwendet werden, um eine einzelne Ausgabe zu erzeugen, eine adaptive Abstimmung, bei welcher mehrfache Eingaben von einem Abstimmungsblock verwendet werden, um eine oder mehrere Ausgaben zu erzeugen, oder Mehrgrößen-Fuzzy-Logik, RTO plus Optimierung oder Mischung, wobei mehrfache Eingaben verwendet werden, um mehrfache Ausgaben zu erzeugen. Selbstverständlich könnten auch alle anderen Mehrgrößen-Blöcke verwendet werden.

Wie Fig. 1 zeigt, enthält in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Steuereinrichtung 12 eine Diagnose-Datenerfassungseinheit 48, bei der es sich beispielsweise um einen Kurzzeitspeicher handeln kann, der bestimmte Arten von Daten, die zu jedem der Funktionsblöcke (oder Schattenfunktionsblöcke) des Prozeßsteuersystems 10 gehören, erfaßt und speichert, um Probleme mit diesen Funktionsblöcken oder den Einrichtungen oder Kreisen, die zu diesen Funktionsblöcken gehören, zu erfassen. Die Datenerfassungseinheit 48 kann beispielsweise eine Streuungsangabe, eine Modusangabe, eine Statusangabe und/oder eine Grenzwertangabe für jeden der Funktionsblöcke innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 sammeln und speichern. Auf Wunsch kann die Datenerfassungseinheit 48 eine bestimmte Verarbeitung der erfaßten Daten wie nachfolgend beschrieben durchführen. Die Datenerfassungseinheit 48 sendet periodisch die erfaßten oder verarbeiteten Daten an die Bedienungsworkstation 13 über die Ethernet-Verbindung zur Speicherung in einem Langzeitspeicher oder Archivspeicher 50 und zur Verwendung durch ein Diagnose-Tool 52, das zumindest teilweise innerhalb der Bedienungsworkstation 13 angeordnet ist. Das Diagnose-Tool 52, das vorzugsweise als Software, die in einem Speicher der Bedienungsworkstation 13 gespeichert ist und von einem Prozessor 54 der Bedienungsworkstation 13 ausgeführt wird, implementiert ist, erfaßt Probleme innerhalb des Prozeßsteuersystems 10, berichtet diese Probleme und schlägt Tools zur Verwendung bei der weiteren Analyse und Korrektur dieser Probleme vor. Auf Wunsch können Teile

# DE 100 08 020 A 1

der Diagnose-Toolsoftware innerhalb der Steuereinrichtung 12 oder sogar innerhalb der Anlageneinrichtungen ausgeführt werden.

Das Diagnose-Tool 52 erfaßt systematisch Probleme unter Verwendung eines oder mehrerer Betriebsparameter der Funktionsblöcke oder Einrichtungen innerhalb des Prozeßsteuersystems 10, darunter z. B. einen Streuungsparameter, einen Modusparameter, einen Statusparameter und einen Grenzwertparameter, der von jedem der Funktionsblöcke oder der Einrichtungen innerhalb des Prozeßsteueretzes 10 bestimmt wurde (oder diesen zugehörig ist). Eine Angabe des Streuungsparameters kann für jede Einrichtung oder jeden Funktionsblock innerhalb des Prozeßsteuersystems berechnet werden oder anderweitig bestimmt werden (ob diese Funktionsblöcke nun innerhalb der Steuereinrichtung 12 oder dezentral innerhalb einer der Anlageneinrichtungen 19-22 implementiert sind), um den Fehler zwischen zwei Parametern des Funktionsblocks anzugehen. Diese beiden Parameter können verschiedene Signale sein, die dem Funktionsblock zugehörig sind, oder können zwei verschiedenen Messungen desselben Signals sein. Beispielsweise kann für AI-Funktionsblöcke die Streuungsangabe den Fehler zwischen einem statistischen Meßwert (wie z. B. der Mittelwert, Medianwert, etc.) der durch einen Sensor über eine vorbestimmte Zeitdauer durchgeführten Messung und dem tatsächlichen oder momentanen Wert der Messung sein. Ähnlich kann für einen AO-Funktionsblock die Streuungsangabe auf der Basis der Differenzen zwischen einem historischen statistischen Zustand einer Einrichtung über eine vorbestimmte Zeitdauer (beispielsweise die durchschnittliche Stellung des Ventils in einer Ventileinrichtung) und dem gegenwärtigen Zustand der Einrichtung (wie z. B. die gegenwärtige Stellung des Ventils) berechnet werden. Für Steuerfunktionsblöcke, wie z. B. PID-, Verhältnis- oder Fuzzy-Logik-Funktionsblöcke oder für einen Mehrgrößen-Funktionsblock kann die Streuungsangabe auf einer Abweichung einer Prozeßparametereingabe in den Funktionsblock und einem Sollwert oder Zielwert, der dem Funktionsblock für diesen Parameter eingegeben ist, basieren.

In einer Ausführungsform kann ein Streuungsindex als der integrierte absolute Fehler (IAE) über ein bestimmtes Intervall bestimmt werden, wie z. B. eine zehnminütige Bewertungsperiode. In diesem Fall kann der Streuungsindex wie folgt berechnet werden:

$$IAE = \sum_{i=1}^N \frac{|X(i) - S|}{N} \quad (1)$$

worin:

N = die Anzahl der Abtastungen in der Bewertungsperiode;

X(i) = Wert der i-ten Abtastung des gewünschten Funktionsblockparameters, wie z. B. die Eingabe in den Funktionsblock für AI-Blöcke und Steuerblöcke; und

S = statistischer oder Sollwert des Parameters, mit dem der Funktionsblockparameter verglichen wird, z. B. der Sollwert (für Steuerblöcke), der Durchschnittswert des Funktionsblockparameters über die letzte Bewertungsperiode (für AI-Blöcke), etc.

Wenn die Variation zwischen den Variablen X und S von Gleichung (1) Gauss'scher Natur ist, dann ist der IAE gleich der Standardabweichung mal der Quadratwurzel des Produktes von zwei durch pi. Selbstverständlich könnte jede andere Streuungsangabe zusätzlich oder anstelle der vorstehend beschriebenen IAE-Berechnung verwendet werden und somit ist die Streuungsangabe nicht auf diejenige von Gleichung (1) beschränkt.

Vorzugsweise berechnet jeder Funktionsblock, und insbesondere die innerhalb der Anlageneinrichtungen 19-22 angeordneten, automatisch eine Streuungsangabe über jede Bewertungsperiode (z. B. über eine vorbestimmte Zeitdauer oder Anzahl von Arbeitszyklen) und sendet nach jeder Bewertungsperiode die berechnete Streuungsangabe an die Datenerfassungseinrichtung 48 innerhalb der Steuereinrichtung 12 oder den Datenarchivspeicher 50 innerhalb der Bedienungsworkstation 13. Diese Streuungsangabe kann beispielsweise der vorstehend angegebene Streuungsindex sein oder kann Unterteilungen davon darstellen, die verwendet werden können, um den vorstehend angegebenen Streuungsindex zu bestimmen. Wenn die Funktionsblöcke Fieldbus-Funktionsblöcke sind, die in einer der Anlageneinrichtungen 19-22 angeordnet sind, kann die Streuungsangabe unter Verwendung von asynchroner Kommunikation an die Steuereinrichtung 12 gesendet werden. Während der endgültige Streuungsindex für jeden Funktionsblock von der Steuereinrichtung 12 oder der Bedienungsworkstation 13 vollständig berechnet werden könnte, würde dies erfordern, daß jeder Funktionsblock Daten an diese Einrichtungen nach jedem Arbeitszyklus (typischerweise etwa alle 50-100 Millisekunden) sendet, was eine Menge zusätzlicher Kommunikation über die Busse des Prozeßsteueretzes 10 bedeuten würde. Um diese zusätzliche Kommunikation zu eliminieren, ist es bevorzugt, jeden Funktionsblock so zu gestalten, daß er eine Streuungsangabe für diesen berechnet und anschließend diese Streuungsangabe über die Kommunikationsbusse ein Mal pro Bewertungsperiode sendet, was typischerweise in der Größenordnung von einem Mal pro Minute, pro 10 Minuten oder mehr liegt. Gegenwärtig bieten keine bekannten Standardfunktionsblöcke diese Fähigkeit und es sollte daher zu den innerhalb des Prozeßsteuersystems 10 verwendeten Funktionsblöcken hinzugefügt werden.

In einer Ausführungsform werden die Berechnungen für einen endgültigen Streuungsindex, der einem Funktionsblock zugehörig ist, zwischen dem Funktionsblock und dem Diagnose-Tool 52 aufgeteilt. Insbesondere da die Berechnung des Streuungsindex Rechenleistung benötigt, werden die die meiste Rechenleistung benötigenden Teile dieser Berechnungen in der Workstation 13 oder der Steuereinrichtung 12 durchgeführt. Für diese Erörterung werden die Berechnungen für einen Streuungsindex für Eingabe- und Ausgabeblöcke einfach als ein Streuungsindex (VI) bezeichnet, während der Streuungsindex für die Steuerfunktionsblöcke als ein Steuerindex (CI) bezeichnet wird. Der VI (der für die Eingabeblöcke, Ausgabeblöcke und Steuerblöcke im manuellen Modus verwendet wird) und der CI (der für die Steuerblöcke im Auto-Modus verwendet wird) kann von der Workstation 13 oder der Steuereinrichtung 12 wie folgt berechnet werden:

$$VI = 1 - \frac{S_{\text{ref}} + S}{S_{\text{ref}} + S} \quad (2)$$

$$CI = 1 - \frac{S_{Iq} + S}{S_{tot} + S} \quad (3)$$

5 worin:

$S_{Iq}$  = Mindeststandardabweichung, die mit Rückkopplungsregelung erwartet wird;

$S_{tot}$  = tatsächlich gemessene Standardabweichung; und

$s$  = Empfindlichkeitsfaktor, der zur Stabilisierung der Berechnungen verwendet wird.

$S_{Iq}$  kann berechnet werden als

10

$$S_{Iq} = S_{capab} \sqrt{2 - \left[ \frac{S_{capab}}{S_{tot}} \right]^2} \quad (4)$$

worin:

15

$S_{capab}$  = die geschätzte Fähigkeitsstandardabweichung (Standardabweichung bei Idealbetrieb des Prozesses).

Ein kleiner Systemfehlerwert  $s$  wird zu den Werten  $S_{capab}$  und  $S_{tot}$  in den Gleichungen (2) und (3) hinzugefügt, da festgestellt wurde, daß dann, wenn das Störungs/Rauschsignalverhältnis (das heißt das Verhältnis von niederfrequenten zu hochfrequenten Störungen) zu hoch ist, auch die VI- und CI-Berechnungen zu hohe Werte ergeben. Eine rasche Abstimmung mit sehr geringen Unterschieden zwischen aufeinanderfolgenden Messungen trägt auch zu diesem Problem bei. Es wurde festgestellt, daß der Systemfehlerwert  $s$  diese Berechnungen stabil macht. Der empfohlene Systemfehlerwert  $s$  beträgt 0,1% des Meßbereichs (annähernd die Meßgenauigkeit). Es versteht sich, daß ein Wert von Null für die VI- oder CI-Berechnung der Gleichungen (2) und (3) der beste Fall ist, während ein Wert von eins der schlimmste Fall ist. Diese oder andere Streuungsindizes könnten jedoch auch so berechnet werden, daß ein Wert von eins (oder auch ein anderer Wert) der beste Fall ist.

20

Bei Mehrgrößen-Blöcken kann ein individueller CI- oder VI-Wert für jeden geregelten Index berechnet werden, wie beispielsweise jede Eingabe oder Ausgabe in den Mehrgrößen-Block, und zwar unter Verwendung der vorstehend angegebenen Gleichungen, und ein endgültiger CI- oder VI-Wert für den Mehrgrößen-Block kann als eine Kombination der individuellen CI- oder VI-Werte berechnet werden. Beispielsweise kann der endgültige CI-Wert für einen Mehrgrößen-Block wie folgt berechnet werden:

25

$$CI_F = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L CI(i) \quad (5)$$

30

Hierin bezeichnet  $L$  die Anzahl von individuellen CI-Werten (das heißt Steuerindizes), die zu dem Mehrgrößen-Block gehören, und  $CI_F$  ist der endgültige Wert für den CI-Parameter des Mehrgrößen-Blocks. Aus Gleichung (5) ist ersichtlich, daß der  $CI_F$ -Wert ein Durchschnittswert oder gewichteter Durchschnittswert der Regelindeizes für die einzelnen geregelten Variablen des Mehrgrößen-Blocks ist. Der  $CI_F$ -Wert könnte jedoch anstelle dessen als eine andere statistische Kombination der individuellen CI-Werte bestimmt werden. Selbstverständlich kann eine ähnliche Vorgehensweise bei dem VI-Wert für einen Mehrgrößen-Block herangezogen werden. Auch die Berechnung der  $CI_F$ - oder  $VI_F$ -Werte könnte in der Einrichtung durchgeführt werden, in der der Mehrgrößen-Block vorliegt, oder in der Steuereinrichtung 12 oder dem Archivspeicher 13 oder einer anderen Prozessoreinrichtung.

35

Falls erwünscht, kann ein prozentualer Verbesserungswert (PI) für die Steuerblöcke als das Hundertfache des CI-Wertes für den Steuerblock geschaffen werden. Es kann ferner wünschenswert sein, die Streuungsverbesserung für eine bestimmte Variable zu berechnen, die aus der Verwendung einer fortschrittlichen Regelung für diese Variable resultiert. In diesem Fall kann ein Verbesserungsindex der fortschrittlichen Regelung ( $\Delta(CI)$ ) als das Verhältnis des kleinsten Steuerindex ( $CI_{min}$ ), der über eine bestimmte Zeitperiode unter Verwendung von Nicht-Mehrgrößen-Regelung (das heißt Linienzeileingabe-, Einzelausgabe-Regelkreis) erzielt wurde, zu dem Steuerindex ( $CI_F$ ) für den Mehrgrößen-Block, der zur Regelung dieser Variablen in dem Mehrgrößen-Steuerschema verwendet wird, berechnet werden.

40

Im Fall einer Anlagenoptimierung kann das Ziel der Anlage durch eine Zielfunktion spezifiziert werden, und in diesem Fall basiert die Messung der Gesamt- und Fähigkeitsstandardabweichung auf der Differenz zwischen dem erzielbaren optimalen Wert und dem durch die Steueranwendung tatsächlich verwirklichten. Bei den meisten Steueranwendungen wird die optimale Leistung erzielt, wenn beschränkte Prozeßeingaben so nahe wie möglich an den Beschränkungsgrenzwerten liegen. Daher kann ein Optimalitätsindex als ein Prozentsatz der Zeit definiert werden, in dem mindestens eine Prozeßeingabe an ihrem Beschränkungswert (Constraint) oder innerhalb eines vorbestimmten Bereiches oder Wertes eines Beschränkungswertes (Constraints) lag. Ein Beschränkungsverletzungsindex kann ebenfalls als die Zeitspanne definiert sein, während der mindestens eine Prozeßeingabe oder -ausgabe ihre Beschränkungswerte (Constraints) überschreitet. Zur Überwachung von Anwendungen, wie z. B. virtuelle Mehrgrößen-Sensoren, kann ein Streuungsindex aus der Gesamt- und der Fähigkeitsstandardabweichung bestimmt werden, die aus dem Unterschied zwischen dem vorhergesagten Meßwert (der Ausgabe des virtuellen Sensors) und dem auf der Basis von Labortests bestimmten Wert resultieren.

45

Um die vorstehend beschriebenen Berechnungen von VI, CI und PI in möglichst effizienter Weise durchzuführen, kann jeder der Funktionsblöcke beispielsweise in der DeltaV-Umgebung oder der Fieldbus-Umgebung die Werte  $S_{capab}$  und  $S_{tot}$  für jede der geeigneten Eingaben oder Ausgaben als Streuungsangaben berechnen und diese Werte der Steuereinrichtung 12 sichtbar machen, die anschließend den VI- und CI-Wert unter Verwendung der Gleichungen (2), (3) und (5) berechnen kann oder die Werte  $S_{capab}$  und  $S_{tot}$  dem Diagnose-Tool 52 in der Workstation 13 zur Verfügung stellen kann, welche die VI- und CI-Werte berechnen kann. Die Zwischenberechnungen, die zur Bestimmung der Werte  $S_{capab}$  und  $S_{tot}$  erforderlich sind, werden bei jeder Ausführung des Funktionsblocks durchgeführt und die Werte  $S_{capab}$  und  $S_{tot}$  werden einmal pro N Ausführungen des Funktionsblocks (das heißt einmal in jeder Bewertungsperiode) aktualisiert. In

50

65

# DE 100 08 020 A 1

einer Implementierung können die Werte  $S_{capab}$  und  $S_{tot}$  nach 100 Ausführungen des Funktionsblocks aktualisiert werden.

Die Gesamtstandardabweichung  $S_{tot}$  kann in dem Funktionsblock unter Verwendung der sogenannten Bewegtzzeitf-  
sterberechnung wie folgt berechnet werden:

$$S_{tot} = 1,25 \text{ MAE} \quad (6)$$

worin MAE der mittlere absolute Fehler ist, der wie folgt berechnet wird:

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |(y(t) - y_{st})| \quad (7)$$

und worin:

$N$  = die Anzahl der Ausführungen in einer Bewertungsperiode;  
 $y(t)$  = der Wert der i-ten momentanen Abtastung des gewünschten Funktionsblockparameters, wie etwa der Eingabe des Funktionsblocks; und

$y_{st}$  = der statistische Wert oder Sollwert des Parameters, mit dem der Funktionsblockparameter verglichen wird, z. B. der Durchschnitts- oder Mittelwert des Funktionsblockparameters über die letzte Bewertungsperiode.

Allgemein ausgedrückt wird der Prozeßwert (PV) des Funktionsblocks in den I/O-Blöcken verwendet, um  $y_{st}$  zu berechnen. In Steuerblöcken wird in Abhängigkeit vom Blockmodus entweder der Arbeitssollwert oder PV als  $y_{st}$  verwendet.

Die Fähigkeitsstandardabweichung,  $S_{capab}$ , kann wie folgt berechnet werden:

$$S_{capab} = \frac{MR}{1,128} \quad (8)$$

worin MR der durchschnittliche Bewegungsbereich ist, der folgendermaßen berechnet werden kann:

$$MR = \frac{1}{N-1} \sum_{t=2}^N |(y(t) - y(t-1))| \quad (9)$$

Um die Berechnungen zu reduzieren, wird nur die Summierungskomponente, die dem MAE und MR zugehörig ist, während jedes Durchführungszyklus des Funktionsblocks ausgeführt. Die Teilung der Summe durch  $N$  oder  $N-1$  kann als Teil der Berechnung von  $S_{tot}$  und  $S_{capab}$  einmal pro  $N$  Durchführungen (das heißt einmal pro Bewertungsperiode) durchgeführt werden. Aus den vorstehenden Formeln ist ersichtlich, daß:

$$S_{tot} = 1,25 * \frac{1}{N} * \text{Fehler}_{abs} \quad (10)$$

$$S_{capab} = \frac{\frac{1}{N-1} * \text{Delta}_{abs}}{1,128} \quad (11)$$

worin  $\text{Fehler}_{abs}$  und  $\text{Delta}_{abs}$  jeweils die Summierungen in Gleichungen (7) und (9) darstellen und auf kontinuierlicher Basis während jedes Durchführungszyklus des Funktionsblocks berechnet werden.

Selbstverständlich ist die Qualität der Eingabe in den Funktionsblock, die in diesen Berechnungen verwendet wird, wichtig, und somit wird angestrebt, nur Daten zu verwenden, die einen guten Status haben, sowie Daten, die nicht begrenzt sind. Wenn Fieldbus- oder DeltaV-Funktionsblöcke verwendet werden, berücksichtigt die Modusvariable den Status von PV, Sollwert und BackCalibration, so daß die Modusvariable verwendet werden kann, um ordnungsgemäße Berechnungen für den Streuungsindex sicherzustellen. Beispielsweise werden im OOS-Modus (außer Dienst gestellt) die Variablen  $S_{tot}$  und  $S_{capab}$  nicht bestimmt, sondern anstelle dessen auf den besten Fallwert (beispielsweise Null) gestellt, um die Erfassung eines Fehlers zu verhindern. Wenn bei einem Warmstart der Modus von OOS auf einen anderen Modus geändert wird, können die Variablen  $S_{tot}$  und  $S_{capab}$  auf Null (einen besten Fallwert) gesetzt werden, der Abtastzähler kann rückgestellt werden und die Variablen Fehlerabs und Datenabs der Gleichungen (10) und (11) können auf Null gesetzt werden. Auch die früheren Werte von  $y$  und  $y_{st}$  sollten rückgestellt werden.

Fig. 3 zeigt einen Funktionsblock 55, der eine Eingabe 56, eine Ausgabe 57 und einen Streuungsangabegenerator 58, der mit der Eingabe 56 verbunden ist, hat. Auf Wunsch kann der Streuungsangabegenerator 58 zusätzlich oder alternativ mit der Ausgabe 57 und/oder anderen Teilen des Funktionsblocks 55 verbunden sein, um andere Funktionsblockparameter oder Signale (diese Verbindungen sind in Fig. 3 durch punktierte Linien dargestellt) zu empfangen. Wenn der Funktionsblock 55 beispielsweise ein Steuerfunktionsblock ist, empfängt der Streuungsindexrechner 58 die Eingabe 56 (bei welcher es sich um den Prozeßwert handeln kann, der durch den Kreis, in welchem der Steuerblock 55 arbeitet, geregelt wird) und vergleicht diese Eingabe mit einem zuvor dem Funktionsblock 55 zugeführten Sollwert. Der Streuungsangabegenerator 58 kann den Streuungsindex gemäß Gleichung (1) bestimmen und diesen Index zu einer Kommunikationseinrichtung 59 senden, die die Streuungsangabe in jeder Bewertungsperiode (alle  $N$  Abtastungen) zu der Steuereinrich-

tung 12 sendet. Wie vorstehend beschrieben kann jedoch der Streuungsangabegenerator 58 die Werte  $S_{tot}$  und  $S_{capab}$  in der vorstehend beschriebenen Weise bestimmen und diese Werte zu der Steuereinrichtung 12 oder der Workstation 13 senden, welche den VI- und/oder CI-Wert daraus bestimmen kann. Wenn der Funktionsblock 55 ein Funktionsblock ist, der innerhalb der Steuereinrichtung 12 ausgeführt wird, könnte die Steuereinrichtung 12 eine separate Routine enthalten, um die Streuungsangabe für jeden Funktionsblock zu bestimmen, so daß keine Bus-Kommunikation nach jedem Abtastintervall stattfinden müsste. Die Kommunikationseinrichtung 59 kann jede Standardkommunikationseinheit sein, die einem Funktionsblock oder einem Kommunikationsprotokoll zugehörig ist.

Selbstverständlich kann ein Streuungsindexgenerator auch in einem Mehrgrößen-Block vorgesehen werden, wie im Detail in Fig. 11 gezeigt. Im einzelnen zeigt Fig. 11 einen Mehrgrößen-Block 160, der drei Steuereingaben und zwei Ausgaben hat. Selbstverständlich könnten nach Wunsch mehr oder weniger Eingaben, einschließlich Beschränkungswert- und Sollwerteingaben, oder mehr oder weniger Ausgaben ebenso verwendet werden. Der Block 160 enthält einen Streuungsindexgenerator 162, der mit jeder der Eingaben verbunden ist und der mit einer oder mehreren der Ausgaben verbunden sein kann und einen CI (oder VI) für jede der Eingaben in einer der vorstehend erörterten Weisen berechnet. So kann der Streuungsindexgenerator 162 die Werte  $S_{tot}$  und  $S_{capab}$  für jede Eingabe und/oder Ausgabe berechnen und diese Werte an die Steuereinrichtung 12 senden oder anfängliche VI- oder CI-Werte berechnen und diese Werte an die Steuereinrichtung 12 senden oder alternativ die endgültigen  $VI_F$  oder  $CI_F$ -Werte unter Verwendung von beispielsweise Gleichung (5) berechnen und diese Werte an die Steuereinrichtung 12 senden. Wie auch bei dem Block in Fig. 3 ist der Streuungsindexgenerator 162 mit einer Kommunikationseinheit 164 verbunden, welche den Streuungsindex bzw. die Streuungsindizes für den Block 160 zu der Datenerfassungseinheit 48 in Fig. 2 weiterleitet.

Ein zweiter Funktionsblockbetriebsparameter, der zur Bestimmung von Problemen innerhalb des Prozeßsteuersystems 10 verwendet werden kann, ist eine Angabe des Modus, in welchem jeder der Funktionsblöcke (oder Kreise oder Einrichtungen) arbeitet. Im Fall von Fieldbus-Funktionsblöcken wie auch bei einigen anderen bekannten Funktionsblöcken hat jeder Funktionsblock einen Modusparameter, der für die Steuereinrichtung 12 verfügbar ist, um den Modus anzuzeigen, in welchem der Funktionsblock arbeitet. Aus dieser Modusangabe kann ein Datenanalysator innerhalb des Diagnose-Tools 52 einen Wert des Modusparameters bestimmen, um anzuzeigen, ob der Funktionsblock (und damit der Kreis, das Modul oder die Einrichtung) in ihrem gewünschten oder vorgesehenen Modus arbeiten oder ob alternativ etwas eingetreten ist, das den Funktionsblock (die Einrichtung oder den Kreis) veranlaßt hat, in einem unterschiedlichen, weniger bevorzugten Modus zu arbeiten. Fieldbus-Funktionsblöcke arbeiten in einem einer Vielzahl von Modi. Beispielsweise arbeiten AI-Funktionsblöcke in einem Außer-Dienst-Modus (in dem eine Bedienungsperson die Einrichtung außer Dienst gestellt haben kann, um die Wartung durchzuführen), einem manuellen Modus, in welchem ein bestimmtes Signal, wie z. B. eine Ausgabe des Funktionsblocks, manuell eingestellt wird, anstatt daß es auf dem vorgesehenen Betrieb des Funktionsblocks basiert, und einem Automatik-Modus, in welchem der Funktionsblock in normaler Weise arbeitet, das heißt in der Weise, für die er vorgesehen wurde. Fieldbus-Steuerblöcke können auch einen oder mehrere Kaskaden-Modi haben, in welchen der Modus durch andere Funktionsblöcke oder durch eine Bedienungsperson gesteuert wird. Typischerweise haben Fieldbus-Funktionsblöcke drei Modusvariable, die ihnen zu jedem gegebenen Zeitpunkt zugeordnet sind, darunter ein Sollwertmodus, welcher der Modus ist, in dem die Bedienungsperson den Block für den Betrieb eingestellt hat (der von dem normalen oder dem Automatik-Modus verschieden sein kann), einen tatsächlichen Modus, welcher der Modus ist, in dem der Steuerblock tatsächlich zu einem gegebenen Zeitpunkt arbeitet, und einen Normalmodus, welcher der Modus ist, in dem der Funktionsblock bestimmungsgemäß arbeitet und der dem Normalbetrieb des Funktionsblocks zugeordnet ist. Selbstverständlich können diese oder andere Modusangaben nach Wunsch verwendet werden.

Im Fall von Mehrgrößen-Blöcken kann zu jeder der Eingaben oder Ausgaben ein separater Modus gehören. Wie Fig. 11 zeigt, kann ein Modusangabegenerator 166 den Modus der Eingaben und Ausgaben des Blockes erfassen und diese Modusangaben mit dem normalen Modus für jede der Eingaben und der Ausgaben vergleichen, um festzustellen, ob der Block 160 in einem anormalen oder nicht bestimmungsgemäßen Modus arbeitet. Der Modusblock 166 kann die Gesamtmodusangabe des Mehrgrößen-Blocks 160 basierend auf einer gewissen Kombination der einzelnen Modusangaben bestimmen oder einstellen. Beispielsweise kann die Gesamtmodusangabe für den Mehrgrößen-Block 160 auf eins eingestellt sein, um anzusehen, daß der Block 166 außerhalb seines bestimmungsgemäßen Modus arbeitet, wenn eine der Modusangaben für eine der einzelnen Eingaben oder Ausgaben vom bestimmungsgemäßen Modus abweicht. Wenn der Block 160 ein Fieldbus-Funktionsblock ist, verfügt er über ein Modusattribut, das verwendet werden kann, um zu bestimmen, ob der Block in den bestimmungsgemäßen oder normalen Modus arbeitet. Wenn der Block 160 kein Fieldbus-Funktionsblock ist, kann der Modusangabegenerator 166 so gestaltet werden, daß er ein tatsächliches Modusattribut in einer Weise berechnet oder bestimmt, die ähnlich den Fieldbus-Funktionsblöcken ist, um dann dieses berechnete tatsächliche Modusattribut mit einem bezeichneten normalen Modusattribut, das vom Konstrukteur oder Benutzer vorgesehen wurde, zu vergleichen, um zu bestimmen, ob der Block 160 in einem nicht korrekten Modus arbeitet.

Die Modusangabe(n) kann bzw. können an die Steuereinrichtung 12 und/oder die Bedienungsworkstation 13 periodisch abgegeben werden. Wenn der Funktionsblock innerhalb der Steuereinrichtung 12 ist, kann die Modusangabe für jeden Funktionsblock an die Datenerfassungseinheit 48 zu jedem gewünschten Zeitpunkt oder in jedem gewünschten Intervall abgegeben werden. Für Fieldbus-Funktionsblöcke oder andere Funktionsblöcke innerhalb der Anlageneinrichtungen kann die Steuereinrichtung 12 die Modusparameter für jeden Funktionsblock unter Verwendung einer ViewList Anforderung (in dem Fieldbus-Protokoll) periodisch anfordern. Nach Wunsch kann die Datenerfassungseinheit 48 innerhalb der Steuereinrichtung 12 den Modus in jeder Abtastperiode oder Bewertungsperiode speichern und die gespeicherten Daten an den Datenarchivspeicher 50 weitergeben. Anschließend kann das Diagnose-Tool 52 Moduswerte bestimmen, die anzeigen, wann oder wie lange der Funktionsblock in den verschiedenen Modi oder in einem Normalmodus (oder einem nicht normalen Modus) gewesen ist, oder die anzeigen, welcher Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode der Funktionsblock in einem Normalmodus (oder einem nicht normalen Modus) war. Alternativ könnte die Datenerfassungseinheit 48 oder eine andere speziell gestaltete Einheit innerhalb der Steuereinrichtung 12 feststellen, wann jeder Funktionsblock außerhalb seines Normalmodus ist, beispielsweise durch Vergleich des Normalmodus des Funktions-

blocks mit seinem tatsächlichen Modus zu einem bestimmten Zeitpunkt. In diesem Fall könnte die Datenerfassungseinheit 48 den Modus jedes Funktionsblocks weitergeben, indem angezeigt wird, wann Veränderungen des Modus stattgefunden haben oder erfaßt wurden, was die Menge der erforderlichen Kommunikation zwischen der Steuereinrichtung 12 und der Bedienungsworkstation 13 reduziert.

Ein Statusparameter ist ein weiterer Betriebsparameter eines Funktionsblocks, der zum Erfassen von Problemen innerhalb der Prozeßregelgeräte und Kreise verwendet werden kann. Eine Statusangabe, die von jedem Funktionsblock abgegeben wird, kann den Status des Primärwertes (PV), der dem Funktionsblock oder der Einrichtung zugehörig ist, definieren oder identifizieren. Zusätzlich oder alternativ können eine oder mehrere der Eingaben und Ausgaben eines Funktionsblocks eine Statusangabe haben, die diesen zugehörig ist. Fieldbus-Funktionsblöcke haben einen Statusparameter, der diesen zugehörig ist, der die Form "gut", "schlecht" oder "unbestimmt" annehmen kann, um den Status des PV, der Eingaben und/oder Ausgaben des Funktionsblocks anzuzeigen. Eine Statusangabe kann ferner eine Grenzwertangabe identifizieren oder enthalten, wie etwa die mit dem PV oder anderen Funktionsblockparametern verbundenen Grenzwerte. Somit kann beispielsweise die Grenzwertangabe anzeigen, ob der PV des Funktionsblocks einen hohen oder einen niedrigen Grenzwert hat. Auch hier kann das Diagnose-Tool 52 Statuswerte oder Grenzwerte bestimmen, die anzeigen, wann, wie lange oder welchen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode der Status des Funktionsblocks ein Normalstatus (oder ein nicht normaler Status) war und wann, wie lange oder für welchen Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode eine Variable eines Funktionsblocks an einem oder mehreren Grenzwerten (oder nicht an dem einen oder mehreren Grenzwerten) war oder einen schlechten Status oder einen fraglichen Status hatte.

Im Fall von Mehrgrößen-Blöcken kann zu jeder der Eingaben oder Ausgaben ein separater Status gehören. Wie Fig. 11 zeigt, kann ein Statusangabegenerator 168 den Status aller Eingaben des Blockes 160 erfassen, die direkt eine Auswirkung auf die Steuerung oder Berechnung haben, die von dem Block 160 ausgeführt wird. Der Statusangabegenerator 168 kann einen Gesamtstatuswert für den Block 160 basierend auf einer bestimmten Kombination der einzelnen Statusangaben bestimmen. Beispielsweise kann die Statusangabe für den Mehrgrößen-Block 160 auf schlecht, ungewiß oder begrenzt gestellt werden, wenn eines der überwachten Signale einen Status hat, der schlecht, ungewiß oder begrenzt ist. Wenn es sich bei dem Block 160 um einen Fieldbus-Funktionsblock handelt, unterstützt er ein Statusattribut für jede der Primärvariablen, welche verwendet werden können, um das Statusattribut zu unterstützen. Wenn es sich bei dem Block 160 nicht um einen Fieldbus-Funktionsblock handelt, kann der Statusangabegenerator 168 so gestaltet sein, daß er einen tatsächlichen Status für jede der Primäreingaben oder -ausgaben in einer Weise berechnet oder bestimmt, die Fieldbus-Funktionsblöcken ähnlich ist, und anschließend diese Statusangaben verwendet, um eine Gesamtstatusangabe für den Block 160 zu bestimmen. Der Statusangabegenerator 168 kann Grenzwertangaben für jede der Eingaben oder Ausgaben eines Mehrgrößen-Blocks in ähnlicher Weise behandeln.

Ähnlich wie die Modusangabe können die Statusangabe und die Grenzwertangabe von jedem Funktionsblock zu der Steuereinrichtung 12 periodisch oder auf Abruf (unter Verwendung beispielsweise des ViewList-Befehls in dem Fieldbus-Protokoll) gesendet werden und Veränderungen darin können durch die Steuereinrichtung 12 festgestellt werden und an die Bedienungsworkstation 13 gesendet werden. Alternativ können die Status- und die Grenzwertangabe, ohne verarbeitet zu werden, an die Bedienungsworkstation 13 gesendet werden. Auf Wunsch können die Funktionsblöcke so eingestellt werden, daß sie Modus-, Status- und/oder Grenzwertangaben nur dann mitteilen, wenn Veränderungen in diesen tatsächlich stattfinden, was das Ausmaß der Kommunikation zwischen der Steuereinrichtung 12 und den Funktionsblöcken innerhalb der Anlageneinrichtungen weiter reduziert. Wenn dieses Kommunikationsschema verwendet wird, ist es jedoch erforderlich, daß der gegenwärtige Status aller erforderlichen Parameter eine Basis bildet, mit der die Veränderungen verglichen werden, wenn das Diagnose-Tool 52 erstmals online gesetzt wird. Dieser aktuelle Status kann gemessen oder erfaßt werden, indem man die Steuereinrichtung 12 Parameterwerte (auch wenn sie sich nicht verändert haben) periodisch berichten läßt oder das Diagnose-Tool 52 die Steuereinrichtung 12 auffordert läßt, Parameter zu berichten, die für einen Ausnahmebericht bestimmt sind. Basierend auf dem Status jedes der Funktionsblöcke kann das Diagnose-Tool 52 rasch Messungen identifizieren, die schlecht sind und der Aufmerksamkeit (unsicherer Status) bedürfen, oder die fehlerhaft geeicht wurden, da sie einen Meßwert oder einen PV haben, der begrenzt ist. Selbstverständlich können die Status- und die Grenzwertangabe einen von verschiedenen Arten und Anzahlen von Werten annehmen, im Abhängigkeit von der Art des Systems, in dem sie verwendet werden.

Ferner kann eine Statusangabe für jede verschiedene Variable (abgesehen vom PV) eines Funktionsblocks, einer Einrichtung oder eines Kreises verwendet werden. Beispielsweise kann in einem Regelkreis, der über Rückkopplungsreglung verfügt, der Status der Rückkopplungsvariablen verwendet werden, um Probleme innerhalb der Funktionsblöcke und Kreise zu erfassen. Der Status dieser Rückkopplungsvariablen (beispielsweise der Rückkopplungs- oder BackCal-Variablen für Steuer- oder Betätigungsseinrichtungsfunktionsblöcke in dem Fieldbus-Protokoll) oder jeder anderen Variablen kann durch das Diagnose-Tool 52 untersucht werden, um festzustellen, wann ein Funktionsblock eine Ausgabe hat, die beispielsweise durch einen stromabwärts gelegenen Funktionsblock oder einen anderen stromabwärts gelegenen Zustand begrenzt ist. Ähnlich zu dieser Modusangabe kann die Steuereinrichtung 12 tatsächliche Statuswerte speichern und erfassen und Veränderungen der Statuswerte als die Statusangabe speichern.

Auch können andere Daten, die einem Prozeßsteuerfunktionsblock, einer Einrichtung oder einem Kreis zugehörig sind, zum Erfassen von Problemen verwendet werden. Beispielsweise kann die Bedienungsworkstation 13 (oder die Steuereinrichtung 12) Ereignis- und Alarmsignale empfangen, speichern und überprüfen, die von den Einrichtungen oder Funktionsblöcken innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 erzeugt wurden. Beispielsweise in der Fieldbus-Umgebung unterstützen Funktionsblöcke einen Blockfehlerparameter, der anormale Verarbeitungsbedingungen berichtet, die von einem Transducer oder einem Funktionsblock erfaßt wurden. Fieldbus-Einrichtungen geben jedes Problem, das von der Einrichtung oder dem Funktionsblock erfaßt wurde, unter Verwendung von einem aus 16 definierten Bits in einem Block-Fehlerbitstrom wieder, der zu der Steuereinrichtung 12 gesendet wird. Fieldbus-Einrichtungen berichten das erste erfaßte Problem an die Steuereinrichtung 12 als ein Ereignis- oder Alarmsignal und diese Ereignissignale oder Alarmsignale können von der Steuereinrichtung 12 zu einem Ereignisjournal der Bedienungsworkstation 13 weitergeleitet werden. In einer Ausführungsform analysiert oder überprüft das Diagnose-Tool 52 das sechste Bit des Blockfehlerpara-

ters (in dem Fieldbus-Protokoll) um festzustellen, wann eine Einrichtung in näherer Zukunft gewartet werden muß und wann somit ein Zustand vorhanden ist, der behandelt werden muß, der jedoch gegenwärtig den Betrieb der Einrichtung nicht einschränkt. In ähnlicher Weise analysiert das Diagnose-Tool 52 das 13. Bit der Blockfehlerparameter (in dem Fieldbus-Protokoll), um zu bestimmen, wann aufgrund eines durch die Einrichtung erfaßten Zustandes ein korrekter Betrieb der Einrichtung nicht möglich ist und somit eine unmittelbare Einflußnahme erforderlich ist. Selbstverständlich können andere Ereignissignale, Alarmsignale, andere Bits innerhalb der Blockfehlerparameter oder andere Arten von Fehlerangaben durch das Diagnose-Tool 52 verwendet werden, um Probleme zu erfassen, die mit dem Betrieb des Prozeßsteuernetzes 10 in Verbindung stehen, und diese anderen Ereignissignale, Alarmsignale, etc. können zu dem Fieldbus-Protokoll oder jedem anderen gewünschten Einrichtungs- oder Steuereinrichtungsprotokoll gehören.

In einigen Fällen können Funktionsblöcke Parameter haben, wie z. B. den Modus- oder den Statusparameter, die aus Gründen, die mit dem korrekten Betriebsablauf des Prozesses oder des Kreises, in dem diese Funktionsblöcke arbeiten, nicht in Beziehung stehen, anders eingestellt sind als normal oder gut. Beispielsweise können in Stapelprozessen, wenn ein Stapel nicht abläuft, die Modi der Funktionsblöcke, die innerhalb dieses Prozesses verwendet werden, auf nicht normale Werte gestellt werden. Es wäre jedoch nicht wünschenswert, diese nicht normalen Modusangaben (oder Statusangaben) zu erfassen und Probleme mit dem System auf der Basis derselben zu identifizieren, da der Stapelprozeß so ausgelegt ist, daß er Stillstandszeiten hat. Es ist daher bevorzugt, jeden Funktionsblock (oder das Modul oder den Kreis, in welchem er abläuft) mit einem Anwendungsstatusparameter zu versehen, der angibt, ob der Funktionsblock (oder das Modul) absichtlich in einem nicht normalen Modus ist oder einen schlechten Status hat. Mit anderen Worten gibt der Anwendungsstatusparameter an, wenn eine Alarmierung oder eine Problemerfassung für diesen Funktionsblock verhindert werden sollte. Für Funktionsblöcke, die in Stapelprozessen verwendet werden, wird der Anwendungsstatusparameter beispielsweise auf einen Wert gesetzt, um anzudeuten, wenn die Funktionsblöcke zur Durchführung einer Stapelablaufanwendung arbeiten, und wird auf einen anderen Wert gesetzt, um anzudeuten, wenn die Funktionsblöcke absichtlich nicht zur Ausführung einer normalen Funktion innerhalb einer Stapelablaufanwendung verwendet werden und so keine Erfassung von Problemen auf den Betriebsabläufen dieser Funktionsblöcke zu diesen Zeitpunkten basieren sollte. In Fig. 3 und 11 ist dargestellt, wie ein derartiger Anwendungsstatusparameter über die Kommunikationseinrichtungen 59 und 164 der Steuereinrichtung 12 mitgeteilt wird. Die Steuereinrichtung 12 und/oder die Bedienungsworkstation 13 können den Anwendungsstatusparameter für jeden Funktionsblock erfassen und Daten (wie z. B. Streuungs-, Modus-, Status- und Grenzwertdaten) ignorieren, die Funktionsblöcken zugehörig sind, die zu der zweiten Kategorie gehören, das heißt die absichtlich auf nicht normale oder schlechte Zustände gesetzt sind, um Fehlalarme zu verhindern. Selbstverständlich gibt es abgesehen von den Stillstandszeiten, die Stapelprozessen zuzuordnen sind, andere Gründe, daß der Anwendungsstatusparameter gesetzt werden kann, um das Erfassen von Problemen zu verhindern.

Das Diagnose-Tool 52 ist vorzugsweise als Software in der Bedienungsworkstation 13 implementiert und, falls erforderlich, können einige Teile in der Steuereinrichtung 12 und auch dezentral in den Anlageneinrichtungen implementiert sein, wie z. B. in den Anlageneinrichtungen 19–22. Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm einer Softwareroutine 60, die in der Bedienungsworkstation 13 ausgeführt werden kann, um problembehaftete Funktionsblöcke, Einrichtungen, Kreise oder andere Einheiten innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 zu erfassen und deren Korrektur zu unterstützen. Allgemein ausgedrückt erfaßt die Softwareroutine 60 Daten, die zu jedem der Funktionsblöcke innerhalb eines Prozesses gehören, wie etwa die Streuungsangaben, die Modusangaben, die Grenzwertangaben, Alarm- oder Ereignisinformationen, etc. auf kontinuierlicher Basis während der Prozeß abläuft, und erfaßt das Vorhandensein von problembehafteten Messungen, Berechnungen, Regelkreisen, etc. auf der Basis der erfaßten Daten. Die Softwareroutine 60 kann einen Bericht senden oder eine Anzeige schaffen, in der jedes erfaßte Problem und dessen wirtschaftliche Auswirkung auf den Anlagenbetriebsablauf gelistet ist, wenn sie dafür konfiguriert ist oder dazu aufgefordert wird. Wenn eine Angabe der erfaßten Problemkreise beispielsweise auf der Anzeige 14 der Bedienungsworkstation 13 betrachtet wird, kann eine Bedienungsperson ein bestimmtes Problem zur Überprüfung oder Korrektur auswählen. Die Softwareroutine 60 schlägt anschließend andere Diagnose-Tools vor und kann diese automatisch implementieren, um das Problem weiter einzuzgrenzen oder das Problem zu korrigieren. Auf diese Weise verarbeitet das Diagnose-Tool 52 Daten, die von den Funktionsblöcken oder Einrichtungen eines Prozeßsteuersystems erzeugt wurden, erkennt automatisch Probleme auf der Basis der Daten und schlägt anschließend weitere Diagnose-Tools zum weiteren Eingrenzen der Problemlösung und zur Korrektur des Problems vor und führt diese aus. Dies erspart der Bedienungsperson Zeit und Mühe in großem Ausmaß beim Erfassen und Korrigieren von Problemen innerhalb eines Prozeßsteuersystems und hilft auch sicherzustellen, daß die geeigneten Diagnose-Tools (mit welchen die Bedienungsperson möglicherweise nicht völlig vertraut ist) zur Korrektur des Problems verwendet werden.

Ein Block 62 der Routine 60 empfängt und speichert die Streuungs-, Modus-, Status-, Grenzwert-, Alarm-, Ereignis- und weitere Daten, die zur Erfassung von Problemen in Einrichtungen, Blöcken und Kreisen des Prozeßsteuersystems 10 auf kontinuierlicher Basis, das heißt immer wenn der Prozeß abläuft, erfaßt werden und speichert diese. Vorzugsweise werden diese Daten in dem Datenarchivspeicher 50 innerhalb der Bedienungsworkstation 13 gespeichert. Alternativ könnten diese Daten jedoch in jedem anderen gewünschten Speicher gespeichert werden, wie z. B. in einem Speicher, der zu der Steuereinrichtung 12 gehört. Entsprechend können diese Daten in jedem Format zu der Bedienungsworkstation 13 gesendet werden und können falls erwünscht als komprimierte Daten gesendet werden.

Ein Block 63 erfaßt oder bestimmt, wann eine Analyse der Daten durchzuführen ist, beispielsweise weil ein periodischer Bericht zu erzeugen ist oder weil ein Benutzer eine derartige Analyse anfordert. Wenn keine Analyse auszuführen ist, führt der Block 62 einfach weiterhin die Erfassung von Daten durch und kann die Daten verarbeiten, um Werte für die Funktionsblockbetriebsparameter zu bestimmen. Wenn eine Analyse auszuführen ist, analysiert ein Block 64 die gespeicherten Daten oder gespeicherten Parameterwerte, um zu bestimmen, welche Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise Probleme haben können. Allgemein ausgedrückt können die Daten auf der Basis der aktuellen oder momentanen Werte der Funktionsblockparameter analysiert werden oder können auf historischer Basis analysiert werden, um zu bestimmen, welche Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise über eine bestimmte Zeitperiode Probleme haben. Die historische Analyse hilft, basierend auf der Leistung über eine bestimmte Zeitperiode Probleme zu erfassen, die eine Lang-

zeitnatur haben. Um ein Problem zu erfassen, kann der Block 64, sofern erforderlich, einen Streuungsindex aus den Streuungsangaben berechnen, die von den Funktionsblöcken zugeliefert werden, und anschließend den Streuungsindex mit einem bestimmten Bereich oder Grenzwert (der von der Bedienungsperson eingestellt werden kann) vergleichen, um festzustellen, ob entweder der momentane Wert oder eine statistische Messung des historischen Wertes (wie z. B. der Durchschnitts- oder der Medianwert) des Streuungsindex außerhalb des Bereichs oder über oder unter dem festgelegten Grenzwert für einen Funktionsblock liegen. Wenn dies der Fall ist, kann ein Problem vorliegen und der Funktionsblock, die Einrichtung oder der Kreis, der zu dem außerhalb des Bereichs liegenden Streuungsindex gehört, wird als ein zu korrigierendes Problem aufweisend gelistet.

Einsprechend kann der Block 64 den tatsächlichen Modus eines Funktionsblocks oder einer Einrichtung mit dem normalen Modus dieses Funktionsblocks oder dieser Einrichtung vergleichen, um festzustellen, ob eine Übereinstimmung vorliegt. Wie vorstehend angegeben kann die Steuereinrichtung 12 diese Funktion ausführen und Angaben des Resultates oder über fehlende Übereinstimmungen an den Archivspeicher 50 senden. Auf Wunsch kann jedoch die Bedienungsworkstation 13 diese Vergleiche direkt durchführen. Unter Verwendung der historischen Daten kann der Block 64 eine Kreisnutzung bestimmen, das heißt den Prozentsatz der Zeit, den der Kreis (oder der Funktionsblock) in dem vorgesehenen (normalen) Modus arbeitet. Bei der momentanen Analyse kann der Funktionsblock, der Kreis oder die Einrichtung als ein Problem aufweisend betrachtet werden, wenn er oder sie gegenwärtig nicht in dem vorgesehenen oder normalen Modus arbeiten.

In ähnlicher Weise kann der Block 64 die Status- und Grenzwertangabe jedes Funktionsblocks analysieren, um zu bestimmen, wenn der Status schlecht oder ungewiß ist oder in anderer Weise nicht ein vorgesehener oder normaler Status vorliegt oder wenn das Funktionsblocksignal an einem Grenzwert liegt. Eine historische Analyse kann berechnen oder bestimmen, wenn ein spezieller Funktionsblock eine Statusangabe hat, die für einen vorbestimmten Prozentsatz einer festgelegten Zeitdauer ungewiß oder schlecht ist, kann bestimmen, welche PVs oder anderen Variablen einen Grenzwert erreicht haben oder für einen vorbestimmten Prozentsatz einer festgelegten Zeitdauer an einem Grenzwert verweilt sind, oder kann die Statusangabe oder die Grenzwertangabe in jeder anderen Weise analysieren, um zu bestimmen, ob innerhalb des Funktionsblocks oder der Einrichtung oder des Kreises, in dem ein Funktionsblock angeordnet ist, ein Problem vorhanden ist. Entsprechend kann der Block 64 in einer momentanen Bewertung bestimmen, welche Funktionsblöcke, Einrichtungen oder Kreise Statuswerte haben, die gegenwärtig nicht in dem vorgesehenen oder normalen Status sind und/oder welche Signale oder Variablen einen Grenzwert (das heißt einen begrenzten Wert) erreicht haben. Der Block 64 kann die Alarm- und Ereignismitteilungen überprüfen, um festzustellen, ob irgendwelche Einrichtungen Wartung benötigen, sei es gegenwärtig oder in der Zukunft. Die Blöcke, welche den Streuungs- oder Steuerindexgrenzwert überschreiten, und die Blöcke, die einen aktiven schlechten, beschränkten oder Modus-Zustand haben, werden identifiziert und vorübergehend gespeichert. Diese zusammenfassende Information kann die Schaffung einer "aktuellen" zusammenfassenden Anzeige unterstützen. Die momentanen Werte und Zustände können durch das Diagnose-Tool 52 beispielsweise auf der Basis einer Stunde, einer Schicht oder auf einer täglichen Basis integriert werden, um den Durchschnittswert des Streuungsindex und den Prozentsatz der Verbesserung und den Prozentsatz der Zeit, in dem der Zustand eines schlechten Status, eines begrenzten Signals oder eines nicht normalen Modus vorlag, zu erhalten. Selbstverständlich kann der Block 64 andere Arten von Verarbeitungen an den Streuungs-, Modus-, Status-, Grenzwert-, Ereignis-, Alarm- und/oder allen anderen gewünschten Daten durchführen, um Probleme zu erfassen. Ferner kann der Block 64 die Analyse unter Verwendung von unterschiedlichen Grenzwerten, Bereichen, historischen Zeiträumen, etc. ablaufen lassen, welche alle durch einen Benutzer oder eine Bedienungsperson eingestellt werden können.

Bei Funktionsblöcken, die beispielsweise in Stapelmodusprozessen verwendet werden, werden Daten, die Zeiträumen zugehörig sind, in denen ein Funktionsblock absichtlich nicht in Betrieb war, basierend auf dem Anwendungsstatusparameter für den Funktionsblock entfernt oder für die Analyse nicht verwendet.

Nachdem der Block 64 die Probleme innerhalb des Prozeßsteuernetzes erfaßt hat, bestimmt ein Block 66, ob schriftliche oder elektronische Berichte erzeugt werden sollen, weil beispielsweise periodische Berichte von einem Benutzer angefordert wurden. Wenn dies der Fall ist, schafft ein Block 68 einen Bericht, in dem die problembehafteten Funktionsblöcke, Einrichtungen, Kreise, etc. und deren ökonomische Auswirkung auf das Prozeßsteuersystem aufgelistet sind. Eine derartige ökonomische Auswirkung kann bestimmt werden, indem eine Bedienungsperson oder ein anderer Benutzer den Dollarbetrag festlegt, der jedem Prozentpunkt des reduzierten Betriebsablaufes des Prozesses oder eines Kreises in dem Prozeß zugehörig ist. Wenn anschließend ein Regelkreis als problembehaftet erkannt wird, kann die tatsächliche Leistung des Prozeßregelkreises mit einem bekannten optimalen Leistungswert verglichen werden, um den Prozentsatzunterschied zu bestimmen. Dieser Prozentsatzunterschied wird anschließend mit dem festgelegten Verhältnis des Dollarbetrages zu einem Prozentpunkt multipliziert, um die ökonomische Auswirkung in Dollarbeträgen auszudrücken. Der Bericht kann in einer Druckeinrichtung ausgedruckt werden, auf einem Computerbildschirm, wie z. B. der Anzeige 14 oder einer anderen elektronischen Anzeige dargestellt werden, per Email, das Internet oder ein anderes Local Area oder Wide Area Network einem Benutzer zugesandt werden oder in jeder anderen gewünschten Weise einem Benutzer zuge stellt werden. Auf Wunsch kann das Diagnose-Tool 52 so konfiguriert sein, daß es ein Anlagenwartungssystem jedesmal dann automatisch benachrichtigt, wenn ein problembehafteter Regelkreis erfaßt wird, und diese Nachricht kann an das Wartungssystem als ein Ereignissignal unter Verwendung der Ereignis/Alarmfähigkeit der bekannten OPC-Schnittstelle gesendet werden.

Ein Block 70 bestimmt, ob eine Bedienungsperson die Durchführung einer Analyse an der Workstation 13 angefordert hat, und wenn dies der Fall ist, tritt ein Block 72 in eine Anzeige- oder Dialogroutine ein, die einen Benutzer in die Lage versetzt, unterschiedliche Informationen bezüglich des Problems herauszufinden oder unterschiedliche Parameter zur Durchführung der Analyse auszuwählen. In einer Ausführungsform trifft eine Bedienungsperson oder eine andere Person, die das Diagnose-Tool 52 verwendet, auf einen Dialog, wenn er oder sie sich in die Workstation 13 einloggt. Der Dialog faßt die Bedingungen zusammen, die in dem System behandelt werden müssen, ohne die Regelkreise zu identifizieren, die die Quelle des Problems darstellen. Der Dialog kann die Information in grafischem Format vermitteln, wie beispielsweise eine Bildschirmanzeige 80, wie in Fig. 5 gezeigt. Die Bildschirmanzeige 80 faßt den Prozentsatz aller

Eingabe-, Ausgabe- oder Steuerfunktionsblöcke in dem Prozeß oder der Anlage zusammen, welche gegenwärtig die Standardgrenzwerte verletzen, die für die Nutzung (Modus), Grenzwertsignale, den schlechten Status oder hohe Streuung eingestellt sind. Da eine Vielzahl von Bedingungen in einem einzelnen Block vorliegen können, könnten diese möglicherweise 100% übersteigen. Wenn der Gesamtbetrag 100% übersteigt, kann der Prozentsatz für jede Kategorie skaliert werden, so daß die Gesamtsumme 100% ist. Module, die Eingabe-, Ausgabe- oder Steuerblöcke haben, welche die voreingestellten Grenzwerte verletzen, sind in einer tabellarischen Liste 82 zusammengefaßt. In Fig. 5 hat das Modul FIC101 einen oder mehrere Funktionsblöcke, die in nicht ordnungsgemäßen Modi arbeiten, und einen oder mehrere Funktionsblöcke mit einer hohen Streuung, während das Modul LIC345 einen oder mehrere Funktionsblöcke mit einem schlechten Status aufweist.

Mehr Informationen über die Natur des Problems, wie z. B. die mit den Funktionsblöcken verbundenen Grenzwerte, können grafisch dargestellt werden, indem beispielsweise ein Modulnamen in der Liste 82 angeklickt wird. Ferner kann durch Auswählen eines Filterknopfes 84 auf dem Bildschirm in Fig. 5 der Benutzer einen Dialog vorfinden, der es dem Benutzer erlaubt, einen Zusammenfassungszeitrahmen, die Arten von Blöcken, die in die Zusammenfassung einzuschließen sind, und den Grenzwert für jede Kategorie oder jeden Block auszuwählen. Ein derartiger Dialogbildschirm 86 ist in Fig. 6 gezeigt, in dem die Grenzwerte für den Modus, den eingeschränkten und den schlechten Status von Eingabeblocks auf 99 Prozent Nutzung eingestellt sind und in dem der Grenzwert für den Streuungsindex für Eingabeblocks auf 1,3 eingestellt ist. In diesem Fall wird der Prozentsatz der Nutzung eines Blocks als der Prozentsatz einer bestimmten Zeitperiode bestimmt, in welchem der Modus oder der Status normal ist und ein Funktionsblocksignal nicht beschränkt war. Die Grenzwerte könnten jedoch auch als Prozentsatz der Zeit eingestellt werden, in dem der Modus oder der Status nicht normal war oder eine Funktionsblockvariable an einem Grenzwert war, in welchem Fall die Grenzwerte näher an Null eingestellt werden sollten. Selbstverständlich werden durch Auswählen aller Regelkreiswahlmöglichkeiten im Bildschirm 86 alle Module, die einen Eingabe-, Ausgabe- oder Steuerblock enthalten, in der Zusammenfassung eingeschlossen.

Ein Zeitrahmenfeld 88 des Bildschirms 86 kann durch Veränderung der Einstellung darin manipuliert werden, um den historischen Zeitrahmen zu ändern, für welchen die Analyse ausgeführt wird. Beispielsweise kann durch Auswählen einer Wahlmöglichkeit "jetzt" in dem Zeitrahmenfeld 88 der momentane oder gegenwärtige Wert der Blockparameter verwendet werden, um zu bestimmen, ob eines der Module als ein problembehaftetes Modul in der Zusammenfassungsliste 82 dargestellt wird. Während jeder Zeitrahmen festgelegt werden kann, sind einige Beispiele für Zeitrahmen, die als Filtereinstellung verwendet werden können, die laufende Stunde oder die vorangegangene Stunde, die gegenwärtige Schicht oder die vorhergehende Schicht, der gegenwärtige Tag oder der vergangene Tag, etc. Für diese Zeitrahmen ist ein Modul in der Zusammenfassungsliste nur dann enthalten, wenn ein erfaßter Zustand über einen signifikanten Abschnitt (das heißt einen vorbestimmten Abschnitt) des ausgewählten Zeitrahmens gemäß der Definition durch die Grenzwertbedingung vorliegt.

Auf Wunsch kann der Benutzer die Grenzwerte, die für den Streuungsindex verwendet werden, entweder je Block oder auf einer allgemeinen Basis verändern. Um das Einstellen von Streuungsgrenzwerten zu erleichtern, kann der Benutzer den gewünschten Grenzwert, der verändert werden soll, auswählen, und anschließend hat er die Wahl, entweder diesen Grenzwert für einen bestimmten Block zu editieren oder diesen Grenzwert für alle Blöcke gleichzeitig einzustellen. Wenn der Benutzer den Streuungsgrenzwert für alle Blöcke zusammen einstellen möchte, wird dem Benutzer ein Dialogfeld vorgelegt, das die Einstellung des Streuungsgrenzwertes auf den gegenwärtigen Wert einer Streuung plus einen festgelegten Systemfehlerwert, der von dem Benutzer vorgesehen wird, erlaubt. Selbstverständlich können die Grenzwerte für die Streuungs-, Modus-, Status- und begrenzten Variablen auf alle Funktionsblöcke innerhalb eines Moduls, eines Bereichs, eines Systems oder jeder anderen logischen Einheit angewandt werden und können alle in ähnlicher Weise geändert werden. Standardgrenzwerte können anfänglich für eine Konfiguration als 1,3 für den Streuungsindex und 99% Nutzung für die Modus-, Begrenzungs- und Statusangabe vorgesehen werden. Selbstverständlich können diese Standardwerte in der Modulzusammenfassungsangabe wie vorstehend beschrieben geändert werden.

Durch Auswählen eines Modulnamens innerhalb der Zusammenfassung 82 von Fig. 5 kann dem Benutzer ein Dialogbildschirm vorgelegt werden, der weitere auf dieses Modul bezogene Details enthält. Ein derartiger Dialogbildschirm 90 ist in Fig. 7 für das Modul FIC101 unter Verwendung des Zeitrahmens der letzten Schicht dargestellt. Der Bildschirm 90 zeigt die Leistung eines PID1-Blockes und eines AI1-Blockes innerhalb des FIC101-Moduls. Die in dem Bildschirm 90 gegebene Information erlaubt es dem Benutzer, ohne weiteres den bestimmten Meß-, Betätigungs- oder Steuerblock zu identifizieren, der die Ursache dafür war, daß das Modul in der Zusammenfassung enthalten ist, sowie den Prozentsatz der Zeit, während dem der Zustand erfaßt wurde. Im einzelnen ist der Prozentsatz der Zeit der letzten Schicht, während dem ein Block in seinem normalen Modus, normalen Status und nicht eingeschränkt war, in Fig. 7 als Regelkreisnutzung dargestellt. Selbstverständlich könnte der Bildschirm von Fig. 7 so konfiguriert werden, daß er den Prozentsatz der Zeit während der letzten Schicht darstellt, während dem ein Block in einem nicht normalen Modus war oder einen nicht normalen Status hatte, oder den Prozentsatz der Zeit während der letzten Schicht, in dem eine Funktionsblockvariable eine oder mehrere Grenzwerte erreichte. Eine Messung der Variation wird für die in Fig. 7 dargestellten Blöcke zusammen mit den Grenzwerten dafür dargestellt. Die Streuungsmessung ist in diesem Fall so berechnet, daß ein Wert von eins der beste Fall ist und Werte größer als eins einen zunehmenden Streuungsfehler anzeigen. Die Verwendung der CI- und VI-Berechnung nach Gleichungen (2) und (3) für den Streuungsindex verursacht jedoch, daß der Streuungsindex zwischen Null und eins liegt, wobei Null der beste Fall ist. In diesem Fall sollte der Streuungsgrenzwert zwischen Null und eins eingestellt werden. Ferner ist in Fig. 7 der Prozentsatz der Verbesserung (PI), der in einem Regelkreis möglich ist, für Steuerblöcke dargestellt, nämlich den PID1-Block. Auf Wunsch kann der Prozentsatz der Nutzungswerte, die unter (oder über) die jeweiligen Grenzwerte fallen, markiert oder anderweitig gekennzeichnet werden, um das oder die erfaßten Probleme anzuzeigen.

Selbstverständlich kann jede andere Bildschirmanzeige verwendet werden, um zusammenzufassen, welche Kreise, Einrichtungen, Funktionsblöcke oder Messungen einen hohen Streuungsindex haben (beispielsweise größer als ein vom Benutzer festgelegter Grenzwert sind), in einem nicht normalen Modus arbeiten oder Prozeßmessungen haben, die einen

schlechten oder ungewissen Status haben oder die beschränkt sind. Wie vorstehend angemerkt kann unter Verwendung einer historischen Analyse das Diagnose-Tool 52 Anzeigen für einen bestimmten Zeitrahmen erzeugen, um Einrichtungen, Kreise oder Funktionsblöcke zu identifizieren, die eine Streuungsindex-, Modus-, Status- oder Grenzwertvariable haben, die sich gegenüber ihrem normalen Wert beträchtlich geändert hat. Selbstverständlich kann das Diagnose-Tool 52 einen Benutzer in die Lage versetzen, zu wählen, wie viele und welche Tests verwendet werden sollten (und negativ verlaufen müssen), bevor ein Prozeßsteuerzustand als problembehaftet identifiziert wird.

Wie Fig. 4 zeigt, erfaßt dann, wenn ein Benutzer einen der Funktionsblöcke beispielsweise in der Anzeige 90 von Fig. 7 auswählt, ein Block 93 die Auswahl des problembehafteten Funktionsblocks und ein Block 94 zeigt einen Satz von Optionen an, die zur Korrektur des Problemblocks oder des Problemkreises zu verwenden sind. Beispielsweise kann bei Steuerblöcken das Diagnose-Tool 52 es dem Benutzer ermöglichen, eine automatische Abstimmeinrichtung oder eine andere Abstimmeinrichtung zu verwenden, um einen Regelkreis abzustimmen, oder kann es dem Benutzer ermöglichen, eine Trendanalyse an dem Regelkreis auszuführen. Durch Auswählen der Option der automatischen Abstimmeinrichtung findet das Diagnose-Tool 52 automatisch die automatische Abstimmanwendung für den ausgewählten Steuerblock oder Kreis und führt diese aus. Wenn jedoch die Trendoption ausgewählt wird, beginnt die Workstation 13, Trenddaten zu erfassen, wie nachfolgend beschrieben wird.

Für einen Eingabe- oder Ausgabefunktionsblock kann der Block 94 es dem Benutzer ermöglichen, beispielsweise ein weiteres Diagnose-Tool für diesen Block zu verwenden oder eine Trendanalyse durchzuführen. Wenn beispielsweise der ausgewählte Eingabe- oder Ausgabeblock innerhalb einer Fieldbus- oder Hart-Einrichtung liegt, aktiviert das Auswählen der Diagnose-Option die Diagnose-Anwendung für den zugehörigen Transducer-Block unter Verwendung von Tools, die nach dem Stand der Technik bekannt sind, wie beispielsweise beliebige Tools zur Eichung von Einrichtungen. In einer Delta-V-Umgebung kann das Asset Management Solutions (AMS) Diagnose-Tool, das von Fisher-Rosemount hergestellt und vertrieben wird, für diesen Zweck verwendet werden, um mit einer Einrichtung in Kommunikation zu treten und spezifische Informationen über diese zu erhalten und eine der Einrichtung zugehörige Diagnose zu implementieren. Selbstverständlich können andere Tools oder Empfehlungen ebenfalls eingesetzt oder vorgeschlagen werden. Beispielsweise kann der Block 94 für Geberprobleme oder Funktionsblöcke, die Geben zugeordnet sind, empfehlen, daß eine Einrichtungseichung verwendet wird, um den Geber zu eichen, während für ein Ventil eine beliebige Ventildiagnoseroutine verwendet werden kann, um das spezielle Problem in dem Ventil zu erfassen und möglicherweise zu korrigieren. Allgemein ausgedrückt können die von dem Block 94 vorgenommenen Empfehlungen auf der Basis festgelegt werden, ob das Problem in einer Vielzahl von vorbestimmten Problemkategorien fällt, basierend auf der Art oder Identität der Problemquelle (z. B. ob es in einem Steuer- oder Eingabefunktionsblock, einem Geber oder einem Ventil auftrat, etc.) oder auf jedem anderen gewünschten Kriterium. Selbstverständlich können beliebige gewünschte Diagnose-Tools verwendet werden, einschließlich den gegenwärtig bekannten oder zukünftig entwickelten.

Wenn die spezielle Natur des Problems nicht ohne weiteres aus den Streuungs-, Status-, Modus-, Grenzwert- oder anderen Daten erfaßt werden kann, die auf das Vorhandensein eines Problems hinweisen, kann der Block 94 die Verwendung von weiteren, komplexeren Diagnose-Tools empfehlen, wie z. B. Plotroutinen, Korellationsroutinen (wie etwa Autokorellation und Crosskorellation), Spektrumanalyseroutinen, Expertenanalyseroutinen oder beliebige gewünschte Routinen oder Tools, die für das Prozeßsteuersystem 10 vorgesehen sind. Selbstverständlich kann das Diagnose-Tool 52 die Verwendung von mehr als einem Tool empfehlen oder vorschlagen und der Bedienungsperson erlauben auszuwählen, welches Tool in einer Situation verwendet werden sollte. Ferner kann der Block 94 seine Vorschläge auf Tools einschränken, die tatsächlich innerhalb des Prozeßsteuernetzes 10 vorhanden sind, beispielsweise diejenigen, die in der Bedienungsworkstation 13 geladen sind, oder kann Tools vorschlagen, die vor der Verwendung erworben oder in das Prozeßsteuersystem 10 geladen werden müssen. Selbstverständlich kann der Block 94 ferner die Verwendung von manuellen Tools vorschlagen, das heißt solche, die nicht auf der Bedienungsworkstation 13, der Steuereinrichtung 12 oder einer der Einrichtungen 15-28 ablaufen.

Nachdem der Block 94 ein oder mehrere weitere Diagnose-Tools empfiehlt, wartet ein Block 96 darauf, daß ein Benutzer ein Tool zur Implementierung auswählt, und bei Erhalt eines derartigen Befehls von der Bedienungsperson findet ein Block 98 das ausgewählte Tool und führt dieses aus, um die Bedienungsperson in die Lage zu versetzen, die Ursache des Problems weiter zu analysieren und einzugrenzen oder das Problem zu beheben. Nach der Implementierung des Diagnose-Tools setzt ein Block 100 die Bedienungsperson in die Lage, ein unterschiedliches Tool für das ausgewählte Problem zu wählen, und ein Block 102 setzt die Bedienungsperson in die Lage, ein anderes Problem auszuwählen.

In einer Ausführungsform kann der Block 94 Analyse-Tools empfehlen, die typischerweise als Trenderkennungsanwendungen bezeichnet werden, welche das Erfassen einer relativ großen Datenmenge und/oder einer Vielzahl von Datenabtastungen erfordern, bevor sie ablaufen können. Beispiele derartiger Trenderkennungsanwendungen schließen eine Korellationsanalyse, ein neuronales Netz, einen Fuzzy-Logik-Regelablauf, einen adaptiven Abstimmvorgang, eine Spektrumanalyseroutine etc. ein. Unglücklicherweise sind dann, wenn das Diagnose-Tool 52 ein Problem erfaßt, die für das Trenderkennungs-Tool erforderlichen Daten typischerweise nicht verfügbar, da diese Daten nicht vorab erfaßt wurden. Diese Daten müssen möglicherweise mit einer Hochfrequenzdatenrate erfaßt werden, die unter Verwendung von einfachen Kommunikationsabläufen zwischen der Steuereinrichtung 12 und der Workstation 13 in der Praxis nicht erreichbar ist. Als Resultat kann dann, wenn die Bedienungsperson ein Tool auswählt, das die Erfassung dieser Daten (schnelle Daten) erfordert, der Block 98 automatisch die Steuereinrichtung 12 so konfigurieren, daß sie die erforderlichen Daten aus dem Prozeßsteuersystem 10 erfaßt.

Wenn diese Daten von Fieldbus-Funktionsblöcken oder Einrichtungen erfaßt werden müssen, das heißt von Einrichtungen über den Fieldbus-Bus, kann die Steuereinrichtung 12 eines oder mehrerer Fieldbus-Trendobjekte verwenden, um die Daten zu erfassen, kann die erfaßten Daten als Datenpakete bündeln und speichern, und kann anschließend diese Datenpakete zu einer gewünschten Zeit zu der Bedienungsworkstation 13 senden, so daß die schnellen Daten in nicht zeitkritischer Weise zu der Bedienungsworkstation 13 geliefert werden. Dieser Betriebsablauf reduziert die Kommunikationsbelastung zwischen der Steuereinrichtung 12 und der Bedienungsworkstation 13 für die Erfassung dieser Daten. Typischerweise wird ein Trendobjekt eingerichtet, um eine vorbestimmte Anzahl von Abtastungen (z. B. 16) von ge-

# DE 100 08 020 A 1

wünschten Daten, die zu einem Funktionsblock gehören, zu erfassen, und wenn die vorbestimmte Anzahl von Abtastungen erfaßt wurde, werden diese Abtastungen der Steuereinrichtung 12 unter Verwendung von asynchroner Kommunikation übermittelt. Die Verwendung eines oder mehrerer Trendobjekte 110 für die Fieldbus-Funktionsblöcke ist in Fig. 8 dargestellt. Das bzw. die Trendobjekte 110 werden verwendet, um gewünschte Daten zu erfassen und zu der Datenerfassungseinrichtung 48 innerhalb der Steuereinrichtung 12 zu senden und haben ihren Ursprung innerhalb der eigentlichen Funktionsblöcke innerhalb der Fieldbus-Einrichtungen. Diese Trendobjekte 110 können von der Fieldbus-Einrichtung oder von den Schattenfunktionsblöcken (die allgemein als Schattenfunktionsblöcke 112S in Fig. 8 dargestellt sind) innerhalb der Steuereinrichtung 12 zur Verfügung gestellt werden. In ähnlicher Weise können für Funktionsblöcke, die innerhalb der Steuereinrichtung 12 angeordnet sind und von dieser ausgeführt werden (allgemein als Funktionsblöcke 113 in Fig. 8 dargestellt), virtuelle Trendobjekte 114 innerhalb der Steuereinrichtung 112 eingerichtet werden, um die gewünschten Daten zu erfassen, die von den 4-20 mA-Einrichtungen (oder anderen Einrichtungen) abgegeben werden. Abtastungen für derartige virtuelle Trendobjekte 114 können mit jeder gewünschten Rate erfaßt werden, wie beispielsweise alle 50 Millisekunden. Die virtuellen Trendobjekte 114 können so konfiguriert sein, daß sie den tatsächlichen Trendobjekten des Fieldbus-Protokolls ähnlich sind, und werden an die Datenerfassungseinrichtung 48 weitergegeben.

Die Datenerfassungseinrichtung 48 gibt die erfaßten Daten an den Datenarchivspeicher 50 innerhalb der Bedienungsworkstation 13 weiter, wie vorstehend angeführt.

Die Trendobjekte 110 und 114 werden erfaßt, bis ausreichend Daten gespeichert wurden, um den Ablauf des gewünschten Diagnose-Tools zu ermöglichen. Nachdem genügend schnelle Daten erfaßt wurden, führt der Block 98 in Fig. 4 das weitere Diagnose-Tool aus oder implementiert es anderweitig unter Verwendung der erfaßten Daten, um so eine Verarbeitungs- und Regelkreisanalyse auf hohem Level durchzuführen.

Ein weiterer Betriebsablauf, der von dem Diagnose-Tool 52 durchgeführt werden kann, ist die Berechnung des wirtschaftlichen Effekts der Verwendung von fortschrittlicher Steuerung, wie z. B. die Verwendung von Mehrgrößen-Funktionsblöcken oder -kreisen, gegenüber der Standardsteuerung, wie z. B. Einzeleingabe/Einzelausgabe-Steuерblöcken oder -regelkreisen. Während die vorstehend beschriebenen Streuungs-, Leistungs-, Optimalitäts-, Beschränkungswert- und Nutzungsindizes verwendet werden können, um eine Diagnose und Bewertung durchzuführen, geben diese Variablen zwar den Status eines Prozesses an und zeigen die Bereiche der Verbesserung innerhalb eines Prozesses dem technischen Personal auf, für das Verwaltungspersonal ist es jedoch wichtiger, in die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Anlage einen aktuellen Einblick zu erhalten. Insbesondere sind fortschrittliche Steueranwendungen durch den wirtschaftlichen Ertrag hauptsächlich gerechtfertigt und daher kann ein aktuelles Maß dieses Ertrages nützlich oder äußerst wichtig sein für die Entscheidungsfindung beim Upgrade von Prozeßsteuerung zur Verwendung von fortschrittlichen Steuerroutinen oder -abläufen.

Einige der Informationen, die bei der Bestimmung der wirtschaftlichen Leistung nützlich sein können, schließen die Steigerung der Ausbeute und des Durchsatzes sowie die Gewinnresultate aus der gesteigerten Ausbeute und dem Durchsatz ein.

Um diese Werte zu berechnen, kann ein Benutzer die erwarteten Vorteile der Ausbeute- und Durchsatzsteigerung mit einer oder mehreren Prozeßvariablen verbinden und einen Koeffizienten oder einen Ausdruck eingeben, der den Vorteil mit der Prozeßvariablen in Beziehung setzt. Nachdem der Benutzer diese Werte eingegeben hat, kann das Diagnosesystem die nachstehenden Formeln anwenden, um die Produktionsvorteile zu berechnen:

$$40 \quad \text{Verbesserung der Ausbeute} = Y \left( 1 - \frac{S_{APC}}{S_{TOT}} \right) (X_L - \bar{X}_{ALT}) \quad (12)$$

$$45 \quad \text{Verbesserung des Durchsatzes} = T \left( 1 - \frac{S_{APC}}{S_{TOT}} \right) (X_L - \bar{X}_{ALT}) \quad (13)$$

Worin:

Y = ein Koeffizient oder ein Ausdruck, der eine bestimmte Prozeßvariable (PV) mit der Ausbeuteverbesserung in Beziehung setzt;

T = ein Koeffizient oder ein Ausdruck, der eine bestimmte PV mit der Durchsatzverbesserung in Beziehung setzt; S<sub>APC</sub> = die PV-Standardabweichung bei dem fortschrittlichen Steuervorgang, wie z. B. einem Mehrgrößen-Steuervorgang;

S<sub>TOT</sub> = PV-Standardabweichung gemäß dem früheren Steuervorgang;

X<sub>L</sub> = PV-Grenzwert; und

$\bar{X}_{ALT}$  = PV-Durchschnittswert mit der früheren Steuerung.

Alle diese Parameter ausgenommen Y und T können dem Diagnose-Tool 52 zur Verfügung gestellt werden, in dem die vorhandenen Funktionsblockparameter wie vorstehend beschrieben verarbeitet werden.

Selbstverständlich muß zur Berechnung von Dollarwerten, die aus der Ausbeute- und Durchsatzverbesserung resultieren, der Benutzer eine Funktion eingeben, die Dollarwerte mit einem Anstieg der Einheit bei der Ausbeute- oder Durchsatzverbesserung in Relation setzt. Ebenso könnten Verbesserungen der Qualität und Energieeinsparungen durch die Nutzung neuer Arten von fortschrittlichen Steuerabläufen in ähnlicher Weise berechnet werden.

Während das Diagnose-Tool 52 so beschrieben wurde, daß es in Verbindung mit Fieldbus- und Standard 4-20 mA-Einrichtungen verwendet wird, kann es unter Verwendung jedes anderen externen Prozeßsteuerkommunikationsprotokolls implementiert werden und kann mit jedem anderen Typ von Funktionsblöcken oder Einrichtungen, welche Funktionsblöcke aufweisen, verwendet werden. Darüber hinaus sei angemerkt, daß die Verwendung des Ausdrucks "Funktionsblock" hierin nicht auf das beschränkt ist, was in dem Fieldbus-Protokoll oder dem DeltaV-Controller-Protokoll als ein Funktionsblock identifiziert ist, sondern ebenso jeden anderen Typ von Block, Programm, Hardware, Firmware, etc.

einschließt, der zu einem beliebigen Typ von Steuersystem und/oder Kommunikationsprotokoll gehört, das verwendet werden kann, um eine bestimmte Prozeßsteuerfunktion zu implementieren. Während Funktionsblöcke typischerweise die Form von Objekten innerhalb einer objektorientierten Programmierungsumgebung annehmen, muß dies nicht unbedingt der Fall sein.

Obgleich das Diagnose-Tool 52, das hierin beschrieben wurde, vorzugsweise als Software implementiert wird, kann es in Form von Hardware, Firmware, etc. implementiert werden und durch jeden anderen Prozessor implementiert werden, der dem Prozeßsteuersystem 10 zugehörig ist. Somit kann die Routine 60, die hierin beschrieben wurde, in einer Standard-Mehrzweck-CPU implementiert werden oder auf einer speziell gestalteten Hardware oder Firmware, falls dies erwünscht ist. Bei der Implementierung in Software kann die Softwareroutine in jedem computerlesbaren Speicher, wie z. B. auf einer Magnetplatte, einer Laserplatte oder einem anderen Speichermedium, in einem RAM oder ROM eines Computers oder Prozessors oder dergleichen gespeichert werden. Entsprechend kann diese Software zu einem Benutzer oder einem Prozeßsteuersystem über jedes bekannte oder gewünschte Versandverfahren geliefert werden, darunter beispielsweise auf einer computerlesbaren Platte oder einem anderen transportablen Computerspeichermechanismus oder über einen Kommunikationskanal, wie z. B. eine Telefonleitung, das Internet, etc. (welche als gleich bzw. austauschbar mit dem Abgeben einer derartigen Software über ein transportables Speichermedium betrachtet werden).

#### Patentansprüche

1. Diagnose-Tool zur Verwendung in einem Prozeßsteuersystem, das eine Vielzahl von Funktionsblöcken hat, bei welchem einer aus der Vielzahl von Funktionsblöcken ein Mehrgrößen-Funktionsblock ist, welches Diagnose-Tool enthält:  
eine Datenerfassungseinheit (48), die so konfiguriert ist, daß sie mit jedem der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46, 140) einschließlich des Mehrgrößen-Funktionsblocks kommuniziert, um auf regelmäßiger Basis während des Betriebs des Prozeßsteuersystems (10) Daten zu erhalten, die einen Funktionsblockbetriebsparameter für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken (30, 32, 34, 42, 44, 46, 140) betreffen;  
eine Datenanalyseeinrichtung, die einen Wert für den Funktionsblockbetriebsparameter jeweils für eine Vielzahl von Zeitpunkten während des Betriebes des Prozeßsteuersystems (10) auf der Basis der empfangenen Funktionsblockbetriebsparameterdaten bestimmt;  
eine Erfassungseinrichtung, die ein Problem innerhalb des Prozeßsteuersystems (10) basierend auf den bestimmten Werten der Funktionsblockbetriebsparameter erfaßt; und  
eine Ausgabegeneratoreinrichtung, die einen Bericht erstellt, der das erfaßte Problem bezeichnet.
2. Diagnose-Tool nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Streuungsparameter ist und daß die Datenanalyseeinrichtung einen Streuungswert, der zu dem Mehrgrößen-Funktionsblock (140) zu jedem der Vielzahl von Zeitpunkten gehört, basierend auf den erfaßten Funktionsblockbetriebsparameterdaten bestimmt.
3. Diagnose-Tool nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Mehrgrößen-Block (140) mehrere Eingaben hat und die Datenanalyseeinrichtung einen Anfangsstreuungsindex, der zu jedem der mehrfachen Eingänge gehört, und einen endgültigen Streuungsindex als den Streuungswert, der auf den anfänglichen Streuungsindizes basiert, berechnet.
4. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungseinrichtung den Streuungswert mit einem Streuungsgrenzwert vergleicht, um das Problem zu erfassen.
5. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die von jedem der Funktionsblöcke (30, 32, 34, 42, 44, 46, 140) empfangen werden, eine erste Streuungsangabe enthalten, die eine tatsächliche Gesamtstandardabweichung eines Funktionsblockparameters angibt, und eine zweite Streuungsangabe, die eine Fähigkeitenstandardabweichung angibt, die dem Funktionsblockparameter zugehörig ist.
6. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung die erste Streuungsangabe mit der zweiten Streuungsangabe kombiniert, um einen der anfänglichen Streuungsindizes zu erzeugen.
7. Diagnose-Tool nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Modusparameter ist und die Datenerfassungseinheit (48) eine Modusangabe von dem Mehrgrößen-Funktionsblock (140) empfängt.
8. Diagnose-Tool nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Modusparameter ist, wobei der Mehrgrößen-Funktionsblock (140) mehrere Eingaben oder Ausgaben hat und wobei die Datenerfassungseinheit (48) eine Modusangabe für jede der Eingaben oder Ausgaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) empfängt.
9. Diagnose-Tool nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen endgültigen Moduswert für den Mehrgrößen-Funktionsblock (140) bestimmt, in dem festgestellt wird, ob eine der Modusangaben einen nicht normalen Modus bezeichnet.
10. Diagnose-Tool nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Statusparameter ist, wobei der Mehrgrößen-Funktionsblock (140) mehrere Eingaben hat und wobei die Datenerfassungseinheit (48) Statusangaben für jede der Eingaben oder Ausgaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) empfängt.
11. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen endgültigen Statuswert aus den Statusangaben berechnet, die anzeigen, ob eine der Statusangaben einen nicht normalen Status bezeichnet.
12. Diagnose-Tool nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Grenzwertparameter ist, wobei der Mehrgrößen-Funktionsblock (140) mehrere Eingaben oder Ausgaben hat und

# DE 100 08 020 A 1

wobei die Datenerfassungseinheit (48) Grenzwertangaben, die zu den Eingaben oder Ausgaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) gehören, erfaßt.

5        13. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenanalyseeinrichtung einen endgültigen Grenzwert aus den Grenzwertangaben berechnet, die anzeigen, ob eine der Eingaben oder Ausgaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) an einem Grenzwert liegt.

10      14. Diagnose-Tool nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenerfassungseinheit (48) ferner einen Anwendungsstatusparameter von dem Mehrgrößen-Funktionsblock (140) erfaßt und die Erfassungseinrichtung (48) die Funktionsblockbetriebsparameterdaten ignoriert, die diesem Mehrgrößen-Funktionsblock (140) zugeordnet sind, um das Problem zu erfassen, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in welchem der Anwendungsstatusparameter in einem ersten Status war, und die Erfassungseinrichtung die Funktionsblockbetriebsparameterdaten, die dem Mehrgrößen-Funktionsblock (140) zugehörig sind, verwendet, um das Problem zu erfassen, wenn die Funktionsblockbetriebsparameterdaten einem Zeitraum zugehörig sind, in welchem der Anwendungsstatusparameter in einem zweiten Status war.

15      15. Diagnose-Tool zur Verwendung in einem Prozeßsteuersystem, das einen Prozessor enthält und das eine Vielzahl von Funktionsblöcken einschließlich mindestens eines Mehrgrößen-Funktionsblocks zur Steuerung eines Prozesses verwendet, welches Diagnose-Tool enthält:

       einen computerlesbaren Speicher; und

       eine in dem computerlesbaren Speicher gespeicherte Routine, die so ausgelegt ist, daß sie auf dem Prozessor implementiert werden kann, wobei die Routine:

20      Daten, die einem Funktionsblockbetriebsparameter für jeden der Vielzahl von Funktionsblöcken einschließlich des Mehrgrößen-Funktionsblocks (30, 32, 34, 42, 44, 46, 140) zugehörig sind, auf einer regelmäßigen Basis während des Betriebsablaufes des Prozesses erfaßt;

       einen Wert für den Funktionsblockbetriebsparameter jeweils mehrmals während des Betriebes des Prozeßsteuersystems auf der Basis der erfaßten Funktionsblockbetriebsparameterdaten bestimmt;

25      ein Problem innerhalb des Prozeßsteuersystems basierend auf den bestimmten Werten der Funktionsblockbetriebsparameter erfaßt; und

       einen Bericht erzeugt, in dem das erfaßte Problem gelistet ist.

30      16. Diagnose-Tool nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Streuungsparameter ist, der Mehrgrößen-Funktionsblock (140) mehrere Eingaben hat und die Routine Streuungsangaben für jede der Vielzahl von Eingaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) erfaßt.

35      17. Diagnose-Tool nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Routine einen Streuwert für den Mehrgrößen-Funktionsblock aus den Streuungsangaben bestimmt, die von den Mehrgrößen-Funktionsblöcken (140) erfaßt wurden, und den Streuwert mit einem Streugrenzwert vergleicht, um das Problem zu erfassen.

18. Diagnose-Tool nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Modusparameter ist, der Mehrgrößen-Funktionsblock (140) mehrere Eingaben oder Ausgaben hat und die Routine Modusangaben für jede der Vielzahl von Eingaben oder Ausgaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) erfaßt.

19. Diagnose-Tool nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Statusparameter ist, der Mehrgrößen-Funktionsblock (140) mehrere Eingaben oder Ausgaben hat und die Routine Statusangaben für jede der Vielzahl von Eingaben oder Ausgaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) erfaßt.

40      20. Diagnose-Tool nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Funktionsblockbetriebsparameter ein Grenzwertparameter ist, der Mehrgrößen-Funktionsblock (140) mehrere Eingaben oder Ausgaben hat und die Routine Grenzwertangaben erfaßt, die zu jeder der Vielzahl von Eingaben oder Ausgaben des Mehrgrößen-Funktionsblocks (140) gehören.

45

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -

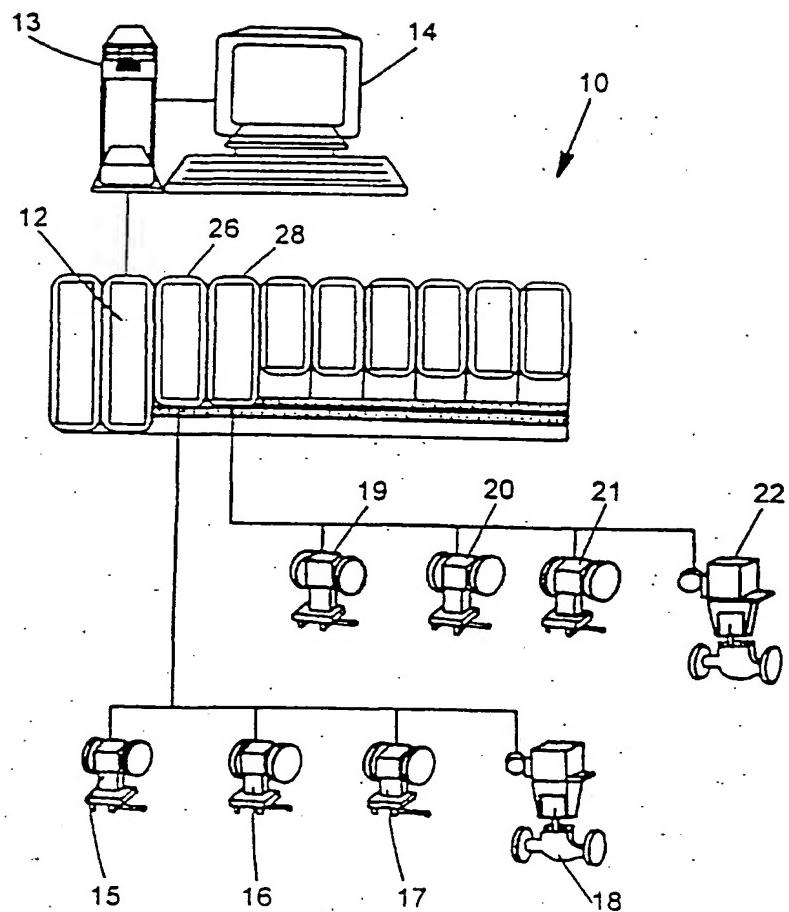


FIG. 1

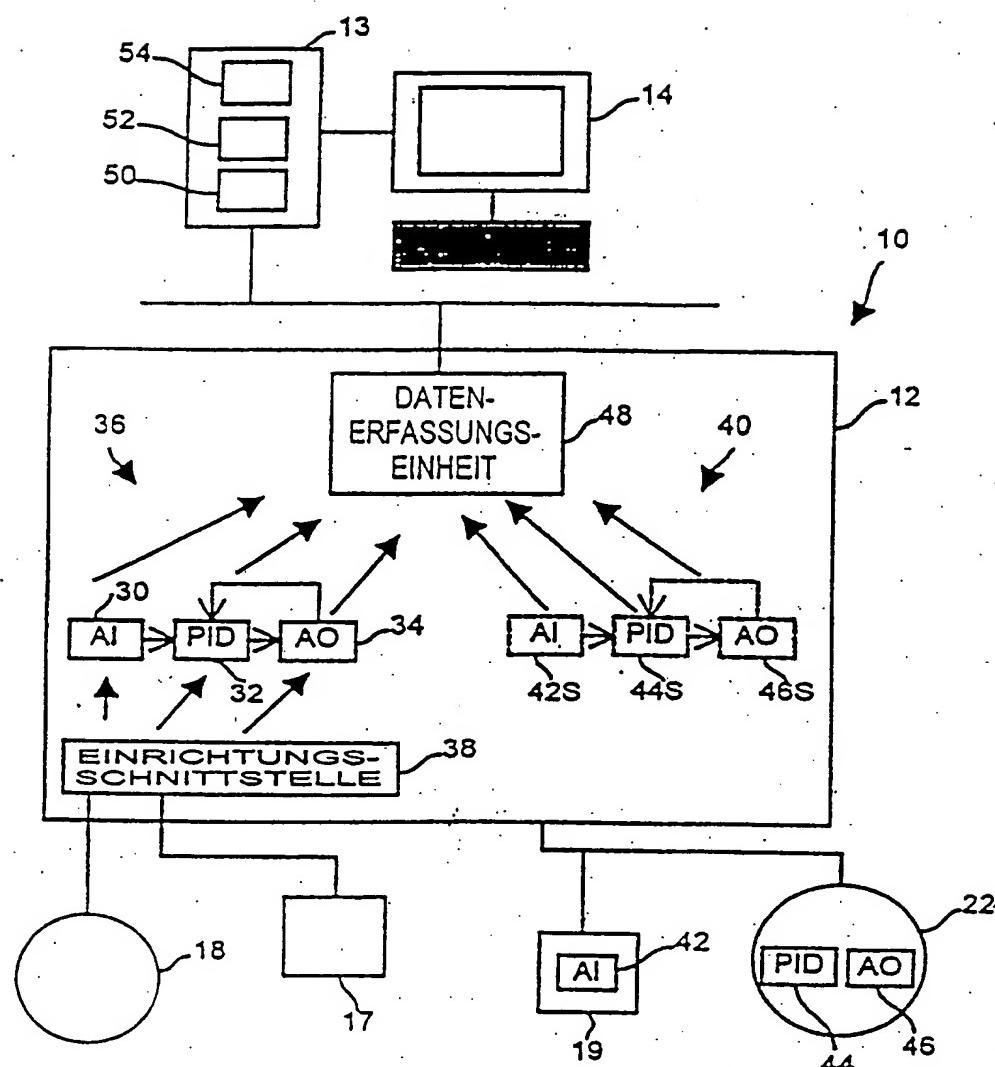


FIG. 2

## ZUR STEUEREINRICHTUNG 12

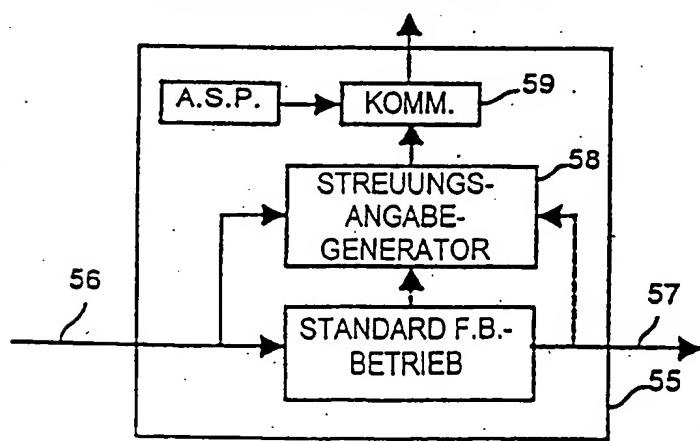


FIG. 3

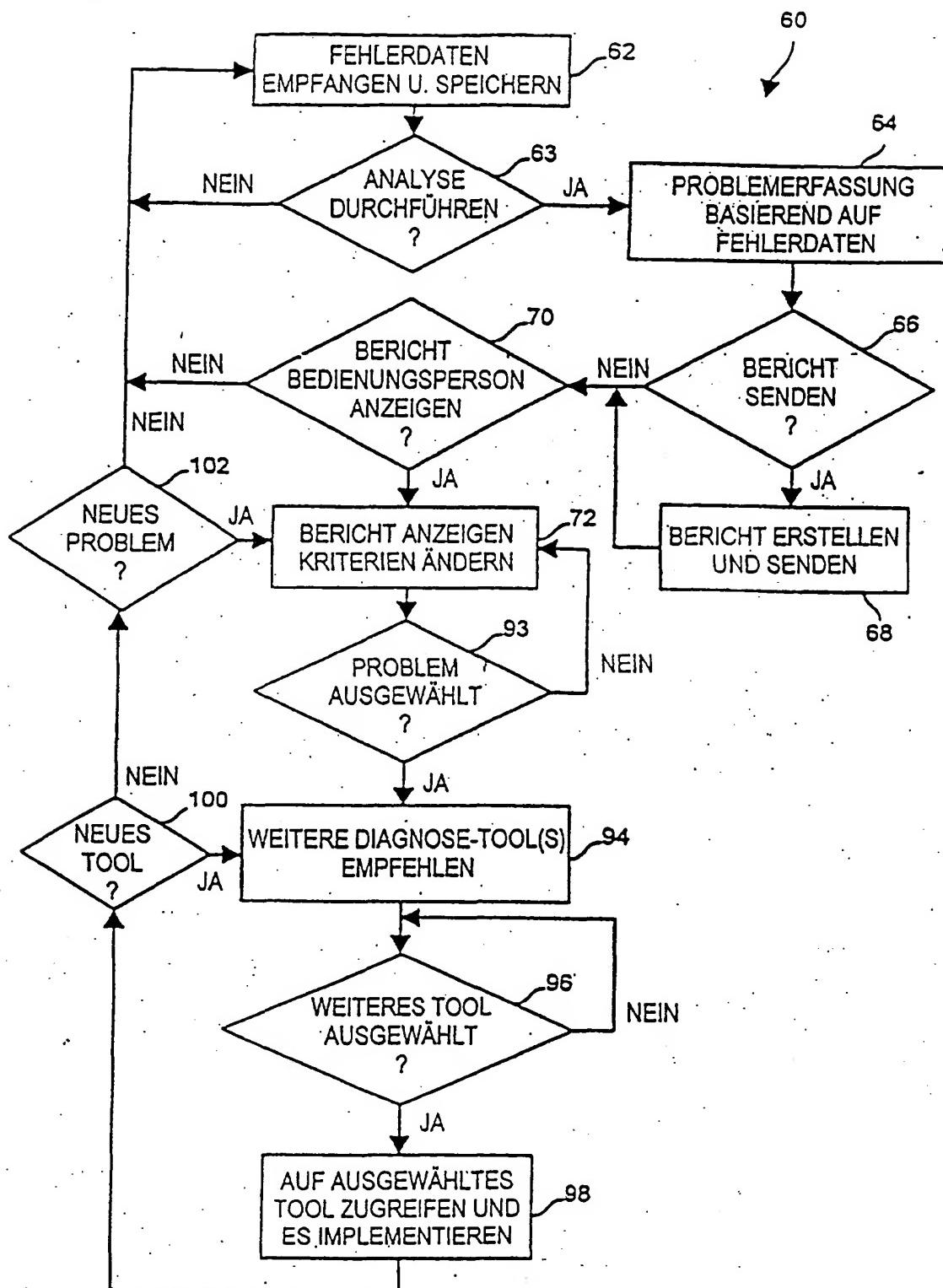


FIG. 4

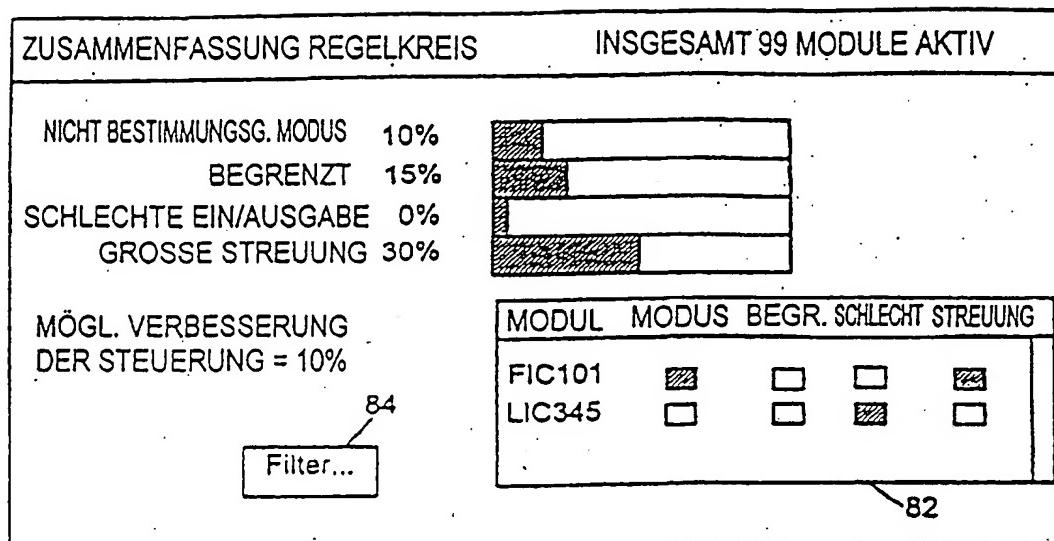


FIG. 5

Filter

ZEITRAHMEN	KREISAUSWAHL		MODUS	99	GRENZW.
	<input checked="" type="checkbox"/> EINGABEN	<input type="checkbox"/> STEUERUNG			
SCHICHT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
88					86
<input type="radio"/> ABBRECHEN		<input type="radio"/> RÜCKSTELLEN U. GRENZW. ANZG.			

FIG. 6

MODUL FIC101 - LETZTE SCHICHT

BLOCK	MODUS(%)	SCHLECHT(%)	BEGRENZT(%)	STREUUNG	GRENZW.	VERBESSERUNG
PID1	80%	99%	99%	1.2	1.1	32%
AI1	100%	88%	100%	1.3	1.2	
GRENZW. 99		99.9	99.5			

90

FIG. 7

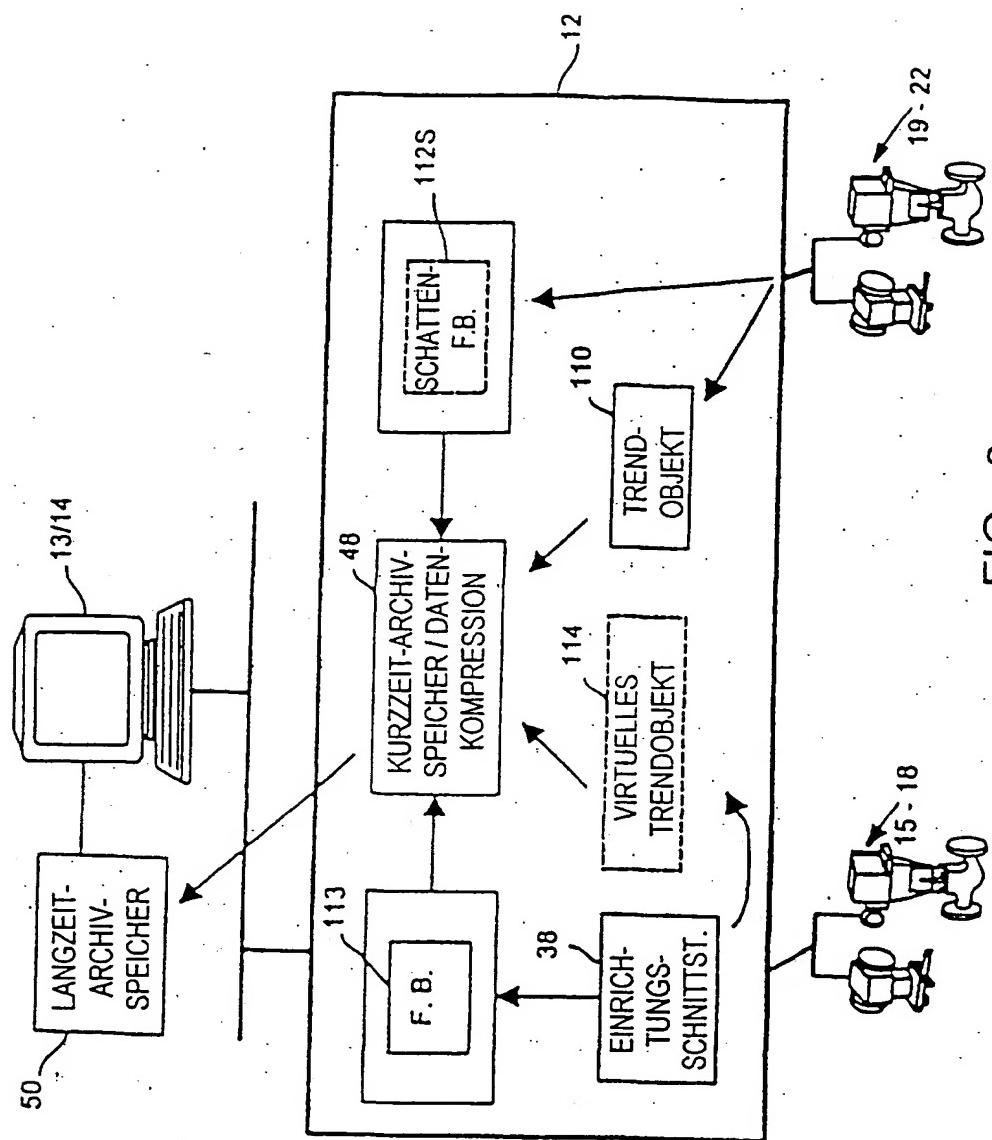


FIG. 8

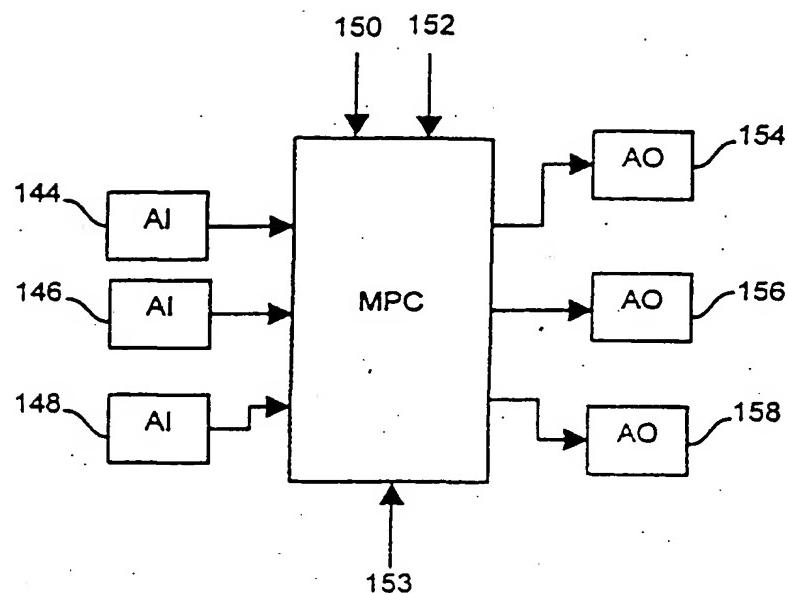


FIG. 9

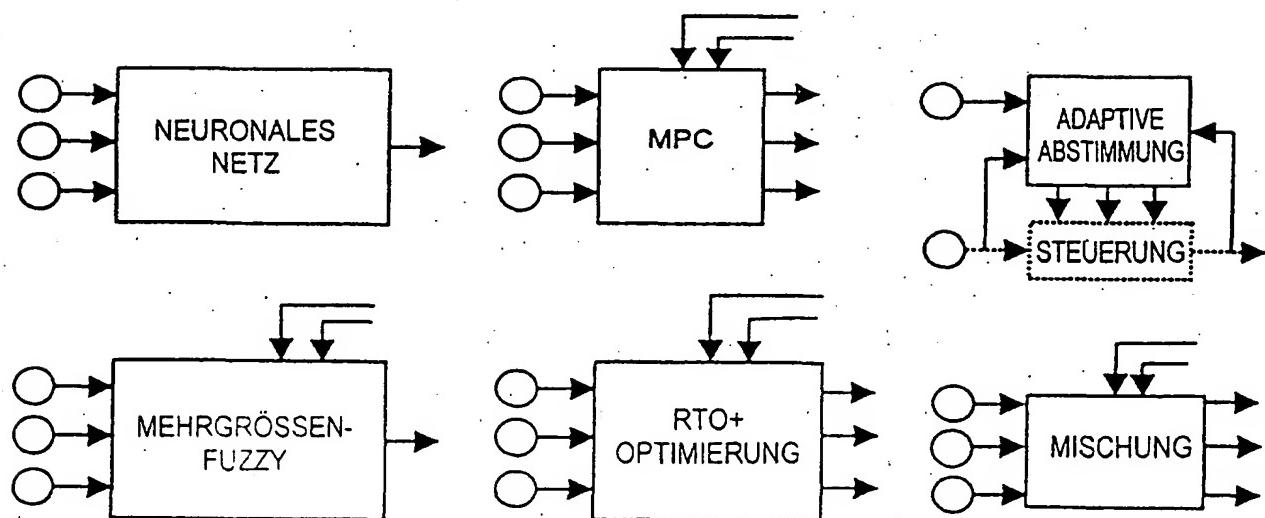


FIG. 10

## ZUR STEUEREINRICHTUNG 12

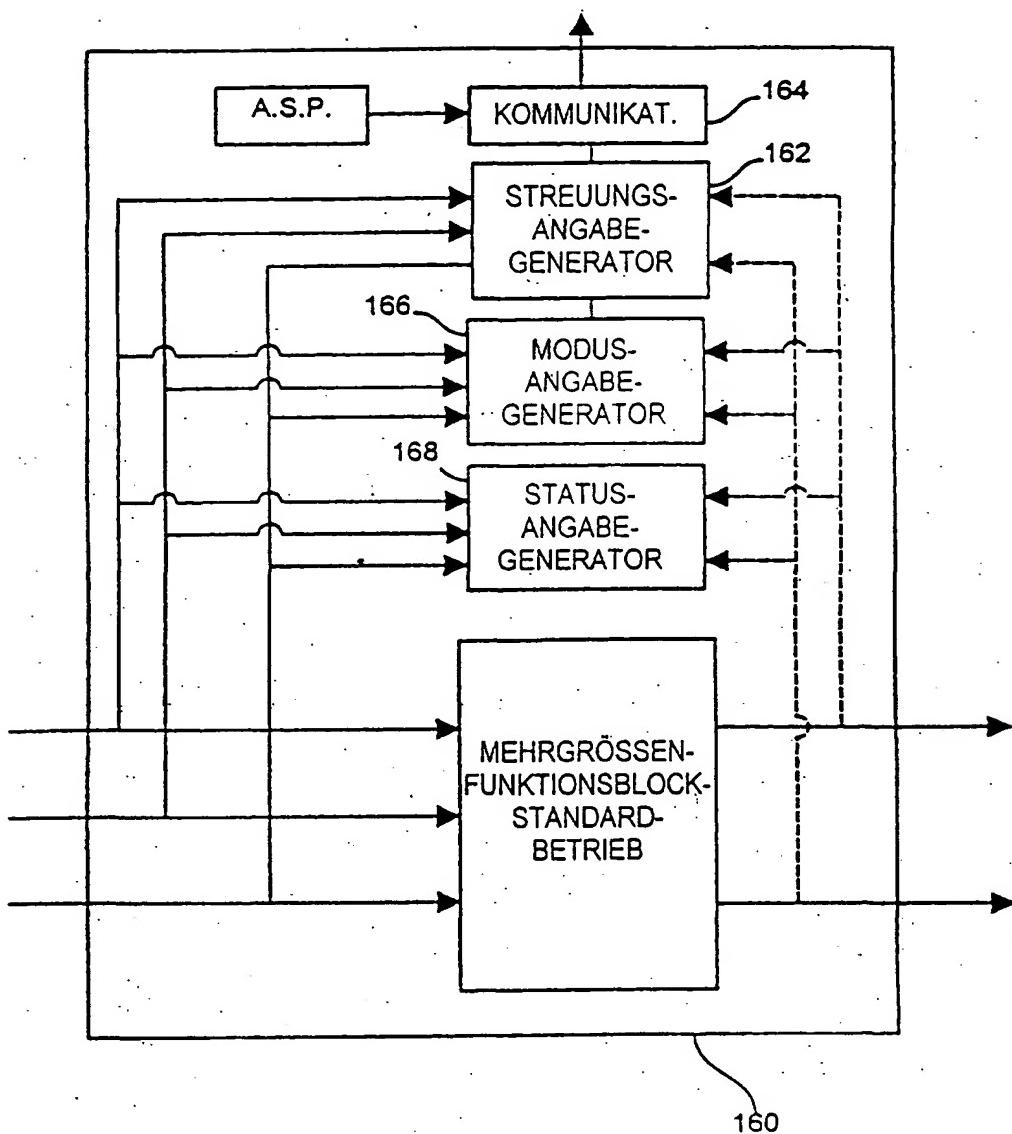


FIG. 11